

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-318909

(43)Date of publication of application : 12.12.1997

(51)Int.Cl.

G02B 27/18

G02B 15/00

G02B 27/44

G02F 1/13

(21)Application number : 08-133951

(71)Applicant : MITSUBISHI ELECTRIC CORP

(22)Date of filing : 28.05.1996

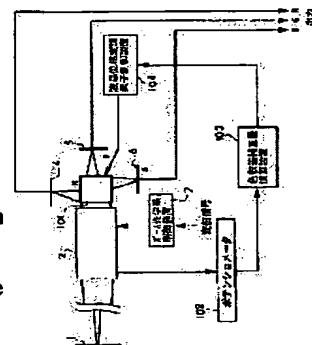
(72)Inventor : SUZUKI JIRO  
SUZUKI HIROSHI

## (54) VARIABLE MAGNIFICATION OPTICAL DEVICE

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To prevent the deterioration of an image by dynamically correcting aberration or the like by providing a variable magnification refractive optical system and a variable phase distribution modulation element which changes the phase distribution of light wave to another phase distribution by diffraction phenomenon and also whose phase distribution variation amount is variable.

**SOLUTION:** The functional relation of the chromatic aberration of a zoom optical system corresponding to the image formation magnification of the zoom optical system is previously stored at a chromatic aberration correction value arithmetic unit 103, and the unit 103 reads the magnification of the zoom optical system from the output of a potentiometer 102 and calculates the chromatic aberration of the zoom optical system from the functional relation. It is outputted to a liquid crystal phase modulation element controller 104, and voltage distribution realizing the distribution of a refractive index is applied to a liquid crystal phase modulation element. Thus, since the liquid crystal phase modulation element is used as a diffraction type phase distribution modulation element, the control of phase variation is electrically performed by the control of applied voltage to the electrode of the liquid crystal phase modulation element, so that the deterioration of the image is prevented.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

**\* NOTICES \***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1] Scale-factor adjustable optical equipment characterized by having changed phase distribution of a light wave to another phase distribution by the scale-factor adjustable dioptric system whose image formation scale factor is adjustable, and diffraction phenomena, and having the diffraction mold phase distribution modulation element the phase distribution variation of whose is adjustable.

[Claim 2] Scale-factor adjustable optical equipment according to claim 1 characterized by using a liquid crystal phase modulation component as a diffraction mold phase distribution modulation element.

[Claim 3] It is scale-factor adjustable optical equipment according to claim 1 or 2 which scale-factor adjustable dioptric system has 3 color-separation optical system distributed to an optical path which divided into three wavelength ranges consisting mainly of red, green, and blue the light which penetrates said scale-factor adjustable dioptric system, and is respectively different, and is characterized by preparing the diffraction mold phase distribution modulation element in each optical path of said 3 color-separation optical system.

[Claim 4] It is scale-factor adjustable optical equipment according to claim 1 or 2 which scale-factor adjustable dioptric system has 3 color-separation optical system distributed to an optical path which divided into three wavelength ranges consisting mainly of red, green, and blue the light which penetrates said scale-factor adjustable dioptric system, and is respectively different, and is characterized by preparing the diffraction mold phase distribution modulation element in the preceding paragraph of said 3 color-separation optical system.

[Claim 5] Scale-factor adjustable optical equipment given [ of claim 1 to the claims 4 characterized by having the optical system which makes an image formation scale factor adjustable by being constituted by compound of a single lens or a lens group, and changing those spacing as scale-factor adjustable dioptric system ] in any 1 term.

[Claim 6] Scale-factor adjustable optical equipment given [ of claim 1 to the claims 4 characterized by having the optical system which used at least one lens constituted from construction material whose refractive index is adjustable as scale-factor adjustable dioptric system ] in any 1 term.

[Claim 7] Scale-factor adjustable optical equipment according to claim 6 characterized by using the lens using liquid crystal as a lens constituted from construction material whose refractive index is adjustable.

[Claim 8] Scale-factor adjustable optical equipment according to claim 6 characterized by using the lens using EO ingredient as a lens constituted from construction material whose refractive index is adjustable.

[Claim 9] The scale-factor adjustable dioptric system whose image formation scale factor is adjustable, and the scale-factor adjustable dioptric-system control unit controlled so that the scale factor of this scale-factor adjustable dioptric system serves as any value, The diffraction mold phase distribution modulation element the phase distribution variation of whose phase distribution of a light wave is changed to another phase distribution by diffraction phenomena, and is adjustable, Scale-factor adjustable optical equipment characterized by having the diffraction mold phase distribution modulation element control unit controlled so that this diffraction mold phase distribution modulation element has phase distribution of arbitration.

[Claim 10] The information about relation with the phase distribution variation by the diffraction mold

phase distribution modulation element which suited negating the aberration generated in the image formation scale factor of the scale-factor adjustable dioptric system whose image formation scale factor is adjustable, and said scale-factor adjustable dioptric system is memorized beforehand. Scale-factor adjustable optical equipment according to claim 9 characterized by having an operation means to calculate and output the amount corresponding to the phase distribution variation by said diffraction mold phase distribution modulation element which suited, corresponding to said image formation scale factor.

[Claim 11] The 2-dimensional detector which changes into an electrical signal the image in which image formation was carried out by the optical system of the scale-factor adjustable optical equipment whose image formation scale factor is adjustable, The image processing system which performs data processing to the output signal of this 2-dimensional detector, and detects the aberration of said optical system, Scale-factor adjustable optical equipment according to claim 9 characterized by having an operation means to calculate and output the amount corresponding to the phase distribution variation by the diffraction mold phase distribution modulation element which suited negating the aberration of said optical system, based on the output of this image processing system.

[Claim 12] The information about the relation between the image formation scale factor of the optical system of the scale-factor adjustable optical equipment whose image formation scale factor is adjustable, the scale factor of the scale-factor adjustable dioptric system which suited realizing said image formation scale factor where aberration is negated, and the phase distribution variation by the diffraction mold phase distribution modulation element is memorized beforehand. It corresponds to said image formation scale factor. Scale-factor adjustable optical equipment according to claim 9 characterized by having an operation means to calculate and output the scale factor of said scale-factor adjustable dioptric system which suited realizing said image formation scale factor, and the amount corresponding to the phase distribution variation by said diffraction mold phase distribution modulation element where aberration is negated.

[Claim 13] The 2-dimensional detector which changes into an electrical signal the image in which image formation was carried out by the optical system of the scale-factor adjustable optical equipment whose image formation scale factor is adjustable, The image processing system which performs data processing to the output signal of this 2-dimensional detector, and detects the aberration of said optical system, Based on the output of this image processing system Scale-factor adjustable optical equipment according to claim 9 characterized by having an operation means to calculate and output the amount corresponding to the phase distribution variation by the scale factor of scale-factor adjustable dioptric system and diffraction mold phase distribution modulation element which suited realizing said image formation scale factor where aberration is negated.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

**JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to scale-factor adjustable optical equipment equipped with the scale-factor adjustable dioptric system which has scale-factor adjustable functions, such as zoom optical system used for a video camera.

[0002]

[Description of the Prior Art] Scale-factor adjustable optical equipment is optical equipment equipped with the scale-factor adjustable optical system in which image formation scale-factor change of zoom optical system with the function to change an image formation scale factor continuously etc. is possible. The video camera generally used to television broadcasting etc. is an example of scale-factor adjustable optical equipment, is the object which photos the photographic subject of various magnitude or acquires stage effects, and is equipped with zoom optical system.

[0003] Drawing 9 is the schematic diagram showing the configuration of the video camera as opto-electronics contact, Vo 1.23, NO.3, p30-35 and Vo 1.23, No.8, and conventional scale-factor adjustable optical equipment shown in p44-51, and is set to drawing. 1 -- for 3 color-separation optical system and 4, as for the blue channel camera tube and 6, the red channel camera tube and 5 are [ a body side and 2 / a scale-factor adjustable afocal system and 3 / the green channel camera tube and 7 ] zoom optical-system control units.

[0004] The body side 1 is a field where a photographic subject exists, and is a virtual flat surface which intersected perpendicularly with the optical axis of the scale-factor adjustable afocal system 2. The scale-factor adjustable afocal system 2 is an afocal system to which a scale factor can be changed using the principle mentioned later. 3 color-separation optical system 3 is equipped with the prism distributed to an optical path which divided into three wavelength ranges consisting mainly of red, green, and blue the light which penetrated the scale-factor adjustable afocal system 2, and is respectively different, and the relay lens prepared for every optical path according to three wavelength ranges, and zoom optical system consists of combination of these relay lenses and the scale-factor adjustable afocal system 2.

[0005] Hereafter, the optical path over these three wavelength ranges is called red channel, green channel, and blue channel, respectively. The red channel camera tube 4 changes into an electrical signal the 2-dimensional intensity distribution of the image of the body side 1 which penetrated the red channel and carried out image formation to the image surface. The blue channel camera tube 5 changes into an electrical signal the 2-dimensional intensity distribution of the image of the body side 1 which penetrated the blue channel and carried out image formation to the image surface, and the green channel camera tube 6 changes into an electrical signal the 2-dimensional intensity distribution of the image of the body side 1 which penetrated the green channel and carried out image formation to the image surface. The zoom optical-system control unit 7 controls the variant part of the scale-factor adjustable afocal system 2 according to the variable power signal by a user's input, and changes a scale factor.

[0006] Next, actuation is explained. First, the scale-factor adjustable principle of the zoom optical system of this video camera is explained. Drawing 10 is the explanatory view of the zoom optical system constituted with the scale-factor adjustable afocal system 2 of drawing 9, and the relay lens of 3 color-separation optical system 3, and the focusing glass to which 8 carries out image formation of the photographic subject for a fixed scale factor, BARIETA which 9 changes magnitude into own image space, and carries out image formation of the image in which the focusing glass 8 carried out image formation to it, and 10 are compensators which carry out image formation of the image in which BARIETA 9 carried out image formation to infinite distance in drawing. Refractive power forward in a

focusing glass 8 and a compensator 10 and BARIETA 9 are lenses with negative refractive power, and the scale-factor adjustable afocal system 2 is constituted by the above focusing glass 8, BARIETA 9, and the compensator 10. Moreover, 11 is a relay lens with forward refractive power which is prepared for every channel of 3 color-separation optical system 3, and carries out image formation of the image in which the compensator 10 carried out image formation to the photo-electric-translation side of the camera tube.

[0007] Hereafter, each lens is approximated to the thin lens which has refractive power  $\phi$  as a parameter, and is explained in a paraxial field. Now, the case where a photographic subject is in infinite distance is considered. A focusing glass 8 carries out image formation of the image of a photographic subject to the focal plane. Moreover, BARIETA 9 carries out image formation of the image in which the focusing glass 8 carried out image formation to own image space. The image formation type of Newton about BARIETA 9 is expressed with a degree type.

[Equation 1]

$$xx' = -f^2 \quad \dots \dots (1)$$

However,  $x$  is [ the distance from the backside focus of BARIETA 9 to the image surface and  $f$  of the distance from the before / BARIETA 9 / side focus to the body side 1 and  $x'$  ] the focal distances of BARIETA 9. The scale factor of image formation is expressed with a degree type at this time.

[Equation 2]

$$m = -x'/f \quad \dots \dots (2)$$

Therefore, if spacing of a focusing glass 8 and BARIETA 9 is changed,  $x'$  of a formula (2) will change with change of  $x$ , and a scale factor  $m$  will change. Next, if spacing of BARIETA 9 and a compensator 10 is changed so that a before [ a compensator 10 ] side focus may be made in agreement with the image surface location of BARIETA 9, it can consider as a strange afocal system with a good scale factor. A relay lens 11 carries out image formation of the image in which image formation was carried out to infinite distance by the scale-factor adjustable afocal system 2 to the camera tube.

[0008] Next, the chromatic aberration of zoom optical system is described. The chromatic aberration of a single lens is generated, when it originates in the wavelength dispersion of the refractive index of glass and the refractive power of a lens changes with wavelength. In the zoom optical system which combined two or more single lenses, it has the chromatic aberration which compounded the chromatic aberration of a single lens.

[0009] Drawing 11 is the explanatory view of chromatic aberration, and an optical path [ in / 12 and / in 13 / a certain wavelength ] and 14 are the optical paths in the wavelength from which said wavelength differs in drawing. [ zoom optical system ] This chromatic aberration is expressed by addition of the chromatic aberration of each lens which constitutes the zoom optical system 12 like a degree type.

[Equation 3]

$$L = \sum_i h_i^2 \frac{\phi_i}{v_i} \quad \dots \dots (3)$$

Here,  $L$  is the amount of chromatic aberration of the zoom optical system 12, and  $h_i$ . The height of the marginal ray which passes along the  $i$ -th lens, and  $n_{ui}$  The Abbe number of the \*\* material of the  $i$ -th lens, and  $\phi_{ii}$  It is the refractive power of the  $i$ -th lens.

[0010] Height  $h_i$  of a marginal ray [ in / inevitably / each lens ] since spacing of a lens is changed in order to make a scale factor adjustable in the scale-factor adjustable afocal system 2 as described above It changes. For this reason, if a zoom position changes in order to change a scale factor even if it designs so that the amount of chromatic aberration of the zoom optical system 12 may be set to 0 at intervals of the lens to one scale factor (lens spacing corresponding to 1 to 1 is hereafter said to a scale factor as a zoom position),  $h_i$  will change and the chromatic aberration expressed with a formula

(3) will arise.

[0011] As stated above, it is impossible to perform achromatism in the zoom optical system from which spacing of the lens comrade who has chromatic aberration alone changes. Therefore, when each lens of the scale-factor adjustable afocal system 2 and a relay lens 11 is made into the lamination lens or lens group constituted with two lenses with which the Abbe numbers differ and it considers that each is an independent lens, achromatism is performed by distributing refractive power to two lenses or a lens group so that a formula (3) may be set to 0. That is, if it arranges so that the sum total of the amount of chromatic aberration of a lens group may be set to 0 so that a polarity may serve as [ the absolute value of the amount of chromatic aberration of two lenses ] reverse sense equal or, it is possible for the lens which does not have chromatic aberration equivalent to constitute the scale-factor adjustable afocal system 2 and a relay lens 11, and to perform achromatism.

[0012] However, since the Abbe number of glass changes with wavelength regions, even if it constitutes each lens as mentioned above and performs achromatism, chromatic aberration remains (this chromatic aberration that remained is called secondary spectrum below), and, moreover, change of chromatic aberration takes place with the scale factor of optical system.

[0013]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Each lens which constitutes the scale-factor adjustable afocal system 2 in order to amend chromatic aberration since conventional scale-factor adjustable optical equipment is constituted as mentioned above, It is necessary to make each of a relay lens 11 into the lamination lens or lens group which combined two or more lenses. And this sake, Lens number of sheets increased and the technical problem which the constraint on the design by manday and the increase in cost, the increment in weight, limit of the lens spacing adjustable range, etc. produces inevitably occurred.

[0014] Moreover, since a secondary spectrum existed also as above lens configurations and the magnitude moreover changed with zoom positions, technical problems -- degradation of an image is not avoided -- occurred.

[0015] It was made in order that this invention might solve the above technical problems, and it aims at obtaining the scale-factor adjustable optical equipment which general aberration including the chromatic aberration which changes depending on a scale factor is amended dynamically, and can prevent degradation of an image.

[0016]

[Means for Solving the Problem] The scale-factor adjustable optical equipment concerning invention according to claim 1 changes phase distribution of a light wave to another phase distribution by the scale-factor adjustable dioptric system whose image formation scale factor is adjustable, and diffraction phenomena, and is equipped with the diffraction mold phase distribution modulation element the phase distribution variation of whose is adjustable.

[0017] A liquid crystal phase modulation component is used for the scale-factor adjustable optical equipment concerning invention according to claim 2 as a diffraction mold phase distribution modulation element.

[0018] The scale-factor adjustable optical equipment concerning invention according to claim 3 prepares a diffraction mold phase distribution modulation element in each optical path of said 3 color-separation optical system, when what has 3 color-separation optical system distributed to an optical path which divided into three wavelength ranges consisting mainly of red, green, and blue the light which penetrates said scale-factor adjustable dioptric system as scale-factor adjustable dioptric system, and is respectively different is used.

[0019] The scale-factor adjustable optical equipment concerning invention according to claim 4 prepares a diffraction mold phase distribution modulation element in the preceding paragraph of said 3 color-separation optical system, when what has 3 color-separation optical system distributed to an optical path which divided into three wavelength ranges consisting mainly of red, green, and blue the light which

penetrates said scale-factor adjustable dioptric system as scale-factor adjustable dioptric system, and is respectively different is used.

[0020] As scale-factor adjustable dioptric system, the scale-factor adjustable optical equipment concerning invention according to claim 5 is constituted by compound of a single lens or a lens group, and is equipped with the optical system which makes an image formation scale factor adjustable by changing those spacing.

[0021] The scale-factor adjustable optical equipment concerning invention according to claim 6 is equipped with the optical system which used at least one lens constituted from construction material whose refractive index is adjustable as scale-factor adjustable dioptric system.

[0022] The lens using liquid crystal as a lens constituted from construction material whose refractive index is adjustable is used for the scale-factor adjustable optical equipment concerning invention according to claim 7.

[0023] The lens using EO ingredient as a lens constituted from construction material whose refractive index is adjustable is used for the scale-factor adjustable optical equipment concerning invention according to claim 8.

[0024] The scale-factor adjustable optical equipment concerning invention according to claim 9 The scale-factor adjustable dioptric system whose image formation scale factor is adjustable, and the scale-factor adjustable dioptric-system control unit controlled so that the scale factor of this scale-factor adjustable dioptric system serves as any value, It has the diffraction mold phase distribution modulation element control unit controlled so that phase distribution of a light wave is changed to another phase distribution by diffraction phenomena and the diffraction mold phase distribution modulation element that phase distribution variation of whose is adjustable, and this diffraction mold phase distribution modulation element have phase distribution of arbitration.

[0025] The scale-factor adjustable optical equipment concerning invention according to claim 10 The information about the relation between the image formation scale factor of the scale-factor adjustable dioptric system whose image formation scale factor is adjustable, and the phase distribution variation by the diffraction mold phase distribution modulation element which suited negating the aberration generated in said scale-factor adjustable dioptric system is memorized beforehand. Corresponding to said image formation scale factor, it has an operation means to calculate and output the amount corresponding to the phase distribution variation by said diffraction mold phase distribution modulation element which suited.

[0026] The scale-factor adjustable optical equipment concerning invention according to claim 11 The 2-dimensional detector which changes into an electrical signal the image in which image formation was carried out by the optical system of the scale-factor adjustable optical equipment whose image formation scale factor is adjustable, The image processing system which performs data processing to the output signal of this 2-dimensional detector, and detects the aberration of said optical system, Based on the output of this image processing system, it has an operation means to calculate and output the amount corresponding to the phase distribution variation by the diffraction mold phase distribution modulation element which suited negating the aberration of said optical system.

[0027] The scale-factor adjustable optical equipment concerning invention according to claim 12 The information about the relation between the image formation scale factor of the optical system of the scale-factor adjustable optical equipment whose image formation scale factor is adjustable, the scale factor of the scale-factor adjustable dioptric system which suited realizing said image formation scale factor where aberration is negated, and the phase distribution variation by the diffraction mold phase distribution modulation element is memorized beforehand. Corresponding to said image formation scale factor, it has an operation means to calculate and output the scale factor of said scale-factor adjustable dioptric system which suited realizing said image formation scale factor, and the amount corresponding to the phase distribution variation by said diffraction mold phase distribution modulation element where aberration is negated.

[0028] The scale-factor adjustable optical equipment concerning invention according to claim 13 The 2-dimensional detector which changes into an electrical signal the image in which image formation was carried out by the optical system of the scale-factor adjustable optical equipment whose image formation scale factor is adjustable, The image processing system which performs data processing to the output signal of this 2-dimensional detector, and detects the aberration of said optical system, Based on the output of this image processing system, it has an operation means to calculate and output the amount corresponding to the phase distribution variation by the scale factor of scale-factor adjustable dioptric system and diffraction mold phase distribution modulation element which suited realizing said image formation scale factor where aberration is negated.

[0029]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, one gestalt of implementation of this invention is explained. Gestalt 1. drawing 1 of operation is the block diagram showing the scale-factor adjustable optical equipment by the gestalt 1 of implementation of this invention, and expresses an example of scale-factor adjustable optical equipment with the zoom function applied to a video camera etc. In drawing, the body side where, as for 1, a photographic subject exists, and 2 are scale-factor adjustable afocal systems which make a scale factor adjustable using the principle explained in said conventional example, and are equipped with the focusing glass 8 shown in drawing 10 of said conventional example, BARIETA 9, and a compensator 10. The red channel camera tube which changes into an electrical signal the 2-dimensional intensity distribution of the image of the body side 1 which 4 penetrated the red channel divided according to the below-mentioned 3 color-separation optical system 101, and carried out image formation to the image surface, The blue channel camera tube which changes into an electrical signal the 2-dimensional intensity distribution of the image of the body side 1, which 5 penetrated the blue channel and carried out image formation to the image surface, The green channel camera tube which changes into an electrical signal the 2-dimensional intensity distribution of the image of the body side 1 which 6 penetrated the green channel and carried out image formation to the image surface, 7 is a zoom optical-system control unit (scale-factor adjustable dioptric-system control unit) to which the variant part of the scale-factor adjustable afocal system 2 is controlled according to the variable power signal by a user's input, and a scale factor is changed.

[0030] 101 is 3 color-separation optical system distributed to an optical path which divided into three wavelength ranges consisting mainly of red, green, and blue the light which penetrated the scale-factor adjustable afocal system 2, and is respectively different, and, in addition to having the below-mentioned dichroic mirror 105,106 and the relay lens 11 prepared every three optical paths as a configuration equivalent to 3 color-separation optical system 3 in said conventional example, is equipped with the liquid crystal phase modulation component 110 for every optical path. In addition, scale-factor adjustable dioptric system and the zoom optical system to which a scale factor is changed continuously in detail are constituted by the combination of the scale-factor adjustable afocal system 2 and 3 color-separation optical system 3 except the above-mentioned liquid crystal phase modulation component 110.

[0031] The potentiometer which 102 is attached in the scale-factor adjustable afocal system 2, and detects and outputs the location of each lens, 103 reads the scale factor of the scale-factor adjustable afocal system 2 from the output of a potentiometer 102. The amount arithmetic unit of chromatic-aberration amendments which performs the operation about the amount of amendments of chromatic aberration which sets chromatic aberration in the scale factor of this arbitration to 0 (operation means), 104 is a liquid crystal phase modulation component control unit (diffraction mold phase distribution modulation element control unit) which controls the phase change produced with the liquid crystal phase modulation component 110 with which 3 color-separation optical system 101 is equipped based on the output of the amount arithmetic unit 103 of chromatic-aberration amendments.

[0032] Drawing 2 is the block diagram of 3 color-separation optical system 101, and is set to drawing. 11 A relay lens, A dichroic mirror and 107 105,106 A red channel optical path (optical path), A blue channel optical path (optical path) and 109 108 A green channel optical path (optical path), 110 changes phase



distribution of the light wave to penetrate by diffraction phenomena, and is a liquid crystal phase modulation component (diffraction mold phase distribution modulation element) which is a diffraction component (optical element which changes the phase of a light wave by diffraction phenomena) the amount of phase changes of whose is adjustable. In addition, the same sign is attached about a part the same as that of the part shown in drawing 1 and drawing 10, or considerable, and duplication explanation is omitted.

[0033] A dichroic mirror 105 carries out the spectrum of the incident light in which much wavelength was intermingled to red channel wavelength and other wavelength, and a dichroic mirror 106 carries out the spectrum of the incident light containing the remaining wavelength ranges which carried out the spectrum of the red channel wavelength with the dichroic mirror 105 to blue channel wavelength and green channel wavelength. The optical path of the light of the red channel wavelength to which the spectrum of the red channel optical path 107 was carried out with the dichroic mirror 105, the optical path of the light of the blue channel wavelength to which the spectrum of the blue channel optical path 108 was carried out with the dichroic mirror 106, and the green channel optical path 109 are optical paths of the light of the green channel wavelength by which the spectrum was carried out with the dichroic mirror 106. A relay lens 11 is formed for every channel of a red channel, a blue channel, and a green channel, and carries out image formation of the light of each channel to each image pick-up side of the red channel camera tube 4, the blue channel camera tube 5, and the green channel camera tube 6.

[0034] Since the liquid crystal phase modulation component 110 can be made into the amount of phase changes which negates wave aberration, such as aberration by spherical-surface-like processing [ lens ] generated in the zoom optical system constituted by the combination of the scale-factor adjustable afocal system 2 and each relay lens 11, and aberration generated by lens spacing change at the time of a zoom, it can amend the wave aberration by the spherical lens or zoom position change. Moreover, if the amount of phase changes is given so that it may have refractive power in the liquid crystal phase modulation component 110, since chromatic aberration peculiar to a diffraction component occurs according to the principle mentioned later and the amount of chromatic aberration can moreover be made adjustable, chromatic aberration which negates the chromatic aberration generated in zoom optical system is generated in the liquid crystal phase modulation component 110, and it can also amend.

[0035] Hereafter, the chromatic-aberration amendment by the diffraction component is explained. Drawing 3 is the explanatory view showing signs that the plane wave which carried out incidence to finite opening diffracts, and the plane wave which carries out incidence of 111, the shield in which 112 has opening of a diameter D, the direction where, as for 113, a plane wave 111 advances, and 114 are directions where the primary diffracted light advances in drawing. The plane wave 111 which carried out incidence to opening of a shield 112 is diffracted at the edge of opening, and a travelling direction changes. Although the diffracted light can be expressed with the superposition of zero-order and secondary - the primary diffracted light [ n-th ], only theta which expresses the travelling direction 114 of the primary diffracted light with a degree type to the direction 113 of incidence of a plane wave 111 changes among those.

[Equation 4]

$$\theta = \frac{\lambda}{\pi D} \quad \dots \dots (4)$$

In the following, the change theta of the travelling direction to the direction of incidence of the plane wave of this primary diffracted light is called angle of diffraction. The formula (4) means that an angle of diffraction theta changes with the magnitude of the diameter D of opening.

[0036] A diffraction component with the lens effectiveness can be constituted using the above-mentioned angle of diffraction theta. Drawing 4 is the explanatory view of the principle of a diffraction component with the lens effectiveness, and 115 is the shield which the annulus ring by the side of a

periphery constituted so that much openings in a circle might be arranged to concentric circular and the width of face of an annulus ring might become thin in drawing. In addition, the same sign is attached about a part the same as that of the part shown in drawing 3 , or considerable, and duplication explanation is omitted. According to the formula (4), in the more nearly primary diffracted light by opening of a periphery, theta becomes large. Therefore, if the width of face of opening is chosen appropriately, the light diffracted by opening of the shape of each annulus ring can be converged on one point, and the lens effectiveness can be given. When the focal distance of this diffraction component is set to f, the width of face D of opening in a circle whose radius of a bore is r (r) is expressed with a degree type.

[Equation 5]

$$D(r) = \frac{\lambda}{\pi \tan^{-1} \frac{r}{f}} \quad \dots \dots (5)$$

Since light other than the primary diffracted light which it is not condensed by one point and all the light that carried out incidence to this diffraction component diffracted to the common-law marriage by opening in a circle, the light (zero-order diffracted light) which is not diffracted, the light diffracted outside by opening, and the light absorbed or reflected with a shield 115 exist so that it may understand easily, effectiveness is bad. However, an activity of a diffraction component as shown in drawing 5 which gave the concentric circle annular unit (grating) to the front face of \*\* material acquires about 100% of effectiveness. In drawing, 116 is the blazed grating lens which minced the concentric circular grating on the front face of a transparence plate. In addition, the same sign is attached about a part the same as that of the part shown in drawing 4 , or considerable, and duplication explanation is omitted. Radius rm of the standup part of a core to the m-th grating It is expressed with a degree type.

[Equation 6]

$$r_m = \sqrt{m^2 \lambda^2 + 2mf\lambda} \quad \dots \dots (6)$$

Here, lambda is wavelength and f is (the 1-/refractive power phi). Moreover, depth l of a grating is expressed with the degree type equivalent to phase contrast 1xlambda of incident light.

[Equation 7]

$$l = \frac{\lambda}{(n-1)} \quad \dots \dots (7)$$

Here, n is the refractive index of \*\* material.

[0037] With the blazed grating lens 116 constituted as mentioned above, although the desired refractive power phi can be acquired, an operation of this blazed grating lens 116 can be acquired also in the diffraction component which transposed the pattern of boom hoisting of the front face by the grating to the pattern of refractive-index distribution. The liquid crystal phase modulation component 110 used with the gestalt 1 of this operation acts as this type of a diffraction component. What is necessary is to consider distribution of the refractive index by the electric-field control in the liquid crystal phase modulation component 110 as the same distribution as the pattern of boom hoisting of the grating front face in the above-mentioned blazed grating lens 116, and just to give distribution of a refractive index so that it may have distribution of the amount of phase changes in the blazed grating lens 116, and distribution of the same amount of phase changes in order to realize an operation of the blazed grating lens 116 of drawing 5 with the liquid crystal phase modulation component 110.

[0038] Drawing 6 is the block diagram of the liquid crystal phase modulation component 110, in drawing, 117,118 is a transparent electrode and 119 is liquid crystal. In addition, a transparent electrode 117 is a conductive array mold electrode which was insulated electrically, respectively and was stuck on the front face of the liquid crystal phase modulation component 110, and can take the potential of

arbitration to the touch-down potential of the transparent electrode 118 which meets on both sides of liquid crystal 119. The potential difference between this transparent electrode 117 and a transparent electrode 118 is controlled by the liquid crystal phase modulation component control unit 104. Since liquid crystal 119 has the property in which a refractive index changes depending on the electric field impressed, distribution of the refractive index in the liquid crystal phase modulation component 110 can be changed free by controlling the potential of a transparent electrode 117. Thus, the liquid crystal phase modulation component 110 is refractive-power phid of arbitration by giving, as the amount of phase changes by refractive-index distribution was described above since refractive-index distribution is controllable to arbitration. It has and is refractive-power phid. It can be made to act as a strange good lens.

[0039] By the way, since the travelling direction theta of the diffracted light has a wavelength dependency by the above-mentioned formula (4), chromatic aberration occurs with the liquid crystal phase modulation component 110. Refractive-power phid Chromatic aberration Ld of the liquid crystal phase modulation component 110 which is a diffraction component which it has It can express with the following approximation generally used.

[Equation 8]

$$L_d = h_d^2 \frac{\phi_d}{v_d} \quad \dots \dots (8)$$

Here, it is hd. The height of a marginal ray, and nud It is the Abbe number of the diffraction component defined by the degree type as a constant in a design wavelength region.

[Equation 9]

$$v_d = \frac{\lambda_d}{\lambda_f - \lambda_c} \quad \dots \dots (9)$$

Here, it is lambdaf. The short wavelength edge of a design wavelength band, and lambdac The long wavelength edge of a design wavelength band, and lambdad It is the main wavelength of a design wavelength band. Therefore, refractive-power phid of the liquid crystal phase modulation component 110 By making it change, it is the chromatic aberration Ld of the liquid crystal phase modulation component 110. It can consider as an arbitration value.

[0040] Although it becomes a repeat, the chromatic aberration L of zoom optical system can be expressed with a degree type.

[Equation 10]

$$L = \sum_i h_i^2 \frac{\phi_i}{v_i} \quad \dots \dots (10)$$

It is hi here. The height of the marginal ray which passes along the i-th lens, and nui The Abbe number of the \*\* material of the i-th lens, and phii It is the refractive power of the i-th lens. Height hi of the marginal ray which will pass each lens if lens spacing is changed in order to change the image formation scale factor of zoom optical system It changes and chromatic aberration L changes as a result. It becomes the achromatic condition of chromatic aberration that the chromatic aberration which the chromatic aberration generated in the liquid crystal phase modulation component 110 and zoom optical system compounded is set to 0.

[Equation 11]

$$L_d + L = 0 \quad \dots \dots (11)$$

Therefore, in case the image formation scale factor of zoom optical system is changed, even if the chromatic aberration L of zoom optical system changes, it is the chromatic aberration Ld of the liquid crystal phase modulation component 110. Since an arbitration value can be taken, it becomes possible

to always satisfy a formula (11).

[0041] An example of the actuation of the amount arithmetic unit 103 of chromatic-aberration amendments and the liquid crystal phase modulation component control unit 104 at the time of negating the chromatic aberration generated in zoom optical system by the liquid crystal phase modulation component 110 using the relation described above is as follows. The functional relation of the chromatic aberration  $L$  of the zoom optical system corresponding to the image formation scale factor of zoom optical system is made to have memorized beforehand, and in the amount arithmetic unit 103 of chromatic-aberration amendments, the amount arithmetic unit 103 of chromatic-aberration amendments reads the scale factor of zoom optical system in the output of a potentiometer 102, and calculates the chromatic aberration  $L$  of zoom optical system by said functional relation to it. Next, it sets at a ceremony (8) and the amount arithmetic unit 103 of chromatic-aberration amendments is the chromatic aberration  $L_d$  of the liquid crystal phase modulation component 110. Refractive-power phid or this refractive-power phid of the liquid crystal phase modulation component 110 which becomes equal to  $-L$ . The amount corresponding to the phase distribution variation by the liquid crystal phase modulation components 110, such as distribution of a refractive index  $n$  to realize, is calculated, and this is outputted to the liquid crystal phase modulation component control unit 104. The liquid crystal phase modulation component control unit 104 impresses the distribution of voltage which realizes distribution of the above-mentioned refractive index  $n$  to the liquid crystal phase modulation component 110.

[0042] As mentioned above, according to the gestalt 1 of this operation, when each of the focusing glass 8 of zoom optical system, BARIETA 9, a compensator 10, and a relay lens 11 is constituted from a single lens with chromatic aberration, the chromatic aberration generated in zoom optical system by all zoom positions can be negated, combination color aberration can be set to 0, and an image formation condition can be kept good.

[0043] Moreover, since the liquid crystal phase modulation component 110 is used as a diffraction mold phase distribution modulation element, the amount of phase changes of a diffraction mold phase distribution modulation element can be electrically controlled by control of the applied voltage to the electrode of the liquid crystal phase modulation component 110, and the amount of phase changes can be easily controlled to accuracy.

[0044] Furthermore, since the liquid crystal phase modulation component 110 is formed in each optical path of 3 color-separation optical system 101, in one narrow wavelength range to which it corresponds of the three wavelength ranges, that chromatic aberration may be amended can only suppress a secondary spectrum few, and each liquid crystal phase modulation component 110 can suppress the secondary spectrum in a full wave length band few by the liquid crystal phase modulation component 110 prepared in three channels.

[0045] In addition, in the above, although the chromatic aberration in a paraxial field was described, it cannot be overemphasized that it can amend based on the same idea also about the chromatic aberration besides a shaft.

[0046] Although the amount corresponding to the phase distribution variation by the liquid crystal phase modulation component 110 was calculated in the amount arithmetic unit 103 of chromatic-aberration amendments in the gestalt 1 of the gestalt 2. above-mentioned implementation of operation using the functional relation beforehand remembered to be a current scale factor based on the output of a potentiometer 102 Instead, use the red channel camera tube 4, the blue channel camera tube 5, and the green channel camera tube 6 as a 2-dimensional detector, and the output image of these 2-dimensional detectors is received. Chromatic aberration based on an edge extract and its amount of dotage is calculated using an image processing system. An operation means to perform processing after the operation of the chromatic aberration  $L$  of the zoom optical system which the amount arithmetic unit 103 of chromatic-aberration amendments of the gestalt 1 of said operation performs, and same processing is used. It is possible to make it calculate the amount corresponding to the phase distribution variation by the liquid crystal phase modulation component 110 which suited to negate chromatic

aberration, to perform the denial of chromatic aberration using the chromatic aberration calculated from the actual image formation condition, and to always keep an image formation condition good. Moreover, it is also arbitrary to adjust the amount corresponding to the phase distribution variation by the liquid crystal phase modulation component 110 by manual actuation of a user.

[0047] In the gestalten 1 and 2 of the gestalt 3. above-mentioned implementation of operation, although the liquid crystal phase modulation component 110 which established chromatic aberration for every channel in 3 color-separation optical system 101 had amended, you may constitute instead so that the liquid crystal phase modulation component 110 may be formed in the scale-factor adjustable afocal system 2 of the 3 color-separation optical-system 101 preceding paragraph. According to the gestalt 3 of this operation, since it is necessary to amend chromatic aberration in a large wavelength range as compared with the gestalten 1 and 2 of the above-mentioned implementation, a secondary spectrum increases, but the liquid crystal phase modulation component 110 can be substituted for one piece, structure can be simplified, and cost can be held down low.

[0048] In the gestalten 1-3 of gestalt 4. of operation, and the above-mentioned implementation, although the liquid crystal phase modulation component 110 was used as a diffraction mold phase distribution modulation element, as long as it is a phase modulation component adapting diffraction phenomena, what kind of phase modulation component is sufficient. Furthermore, of course, it is applicable also to the device using zoom optical system other than the above-mentioned video camera, and the device which has the scale-factor adjustable dioptric system which is not the zoom optical system to which a scale factor is changed continuously like the still camera equipped with for example, the lens both for looking far / contiguity. in this case, the scale factor from which refractive power differed, for example since a scale factor did not need to be continuously changed like the gestalten 1 and 2 of said operation -- an eternal diffraction mold phase distribution modulation element is prepared for every position of a scale factor, what arranged them in the turret type is used, you may make it exchange turrets according to chromatic aberration, and the same effectiveness as the gestalten 1 and 2 of operation is acquired.

[0049] Gestalt 5. drawing 7 of operation is the block diagram showing the scale-factor adjustable optical equipment by the gestalt 5 of implementation of this invention, and, as for a liquid crystal Fresnel lens (the lens using liquid crystal, scale-factor adjustable dioptric system), and 201, 200 is [ a liquid crystal Fresnel lens control unit (scale-factor adjustable dioptric-system control unit) and 202 ] computers (operation means) in drawing. Moreover, 110 and 104 are the same liquid crystal phase modulation component as what was used in the gestalt 1 of said operation, and a liquid crystal phase modulation component control unit.

[0050] Liquid crystal Fresnel lens 200 can have the configuration which reset the \*\* material in a Fresnel lens with liquid crystal, and the electric field of the strength of arbitration can be impressed by impressing the electrical potential difference of arbitration with a transparent electrode. Since the refractive index changes with the electric fields which impressed liquid crystal as mentioned above, liquid crystal Fresnel lens 200 has a function as an adjustable twice lens. The liquid crystal Fresnel lens control unit 201 controls the refractive power of liquid crystal Fresnel lens 200 by controlling the electrical potential difference impressed to liquid crystal Fresnel lens 200. A computer 202 determines the scale factor of liquid crystal Fresnel lens 200 and the liquid crystal phase modulation component 110 so that it may be in the condition that the image formation scale factor of the whole scale-factor adjustable optical equipment turned into the same image formation scale factor as directions of a variable power signal, and aberration was negated in the whole scale-factor adjustable optical equipment.

[0051] Next, actuation is explained. Hereafter, the operation in a computer 202 is described. Although the chromatic aberration of zoom optical system is expressed with a formula (10) as mentioned above, the chromatic aberration in the dioptric system which is not zoom optical system can also be expressed with a formula (10). With the gestalt 5 of this operation, since liquid crystal Fresnel lens 200 is a single lens, if it constitutes scale-factor adjustable dioptric system from liquid crystal Fresnel lens 200, and Subscript  $r$  is used for a formula (10) to liquid crystal Fresnel lens 200, a degree type will be simplified.

[Equation 12]

$$L = h_r \frac{\phi_r}{v_r} \quad \dots \dots (12)$$

Here, L is the amount of chromatic aberration of liquid crystal Fresnel lens 200, and  $h_r$  The height of the marginal ray which passes along liquid crystal Fresnel lens 200, and  $n_r$  The Abbe number of liquid crystal Fresnel lens 200, and  $\phi_r$  It is the refractive power of liquid crystal Fresnel lens 200.

[0052] Moreover, since the chromatic aberration of the liquid crystal phase modulation component 110 is expressed like a formula (8) as mentioned above and liquid crystal Fresnel lens 200 and the liquid crystal phase modulation component 110 are made to rival without a clearance, a degree type is realized.

[Equation 13]

$$h_r = h_d \quad \dots \dots (13)$$

Therefore, the formula (11) of achromatic condition is simplified by the degree type.

[Equation 14]

$$\frac{\phi_r}{v_r} + \frac{\phi_d}{v_d} = 0 \quad \dots \dots (14)$$

Here, it is refractive-power  $\phi$  of the liquid crystal phase modulation component 110. It is  $\phi$  about the refractive power of liquid crystal Fresnel lens 200. The synthetic refractive power  $\phi$  is expressed as follows.

[Equation 15]

$$\Phi = \phi_d + \phi, \quad \dots \dots (15)$$

Therefore, when a variable power signal directs the synthetic refractive power  $\phi$  (it is in inverse proportion to a scale factor) from a formula (14) and a formula (15), it is  $\phi$  by the computer 202. And  $\phi$  It is calculated like a degree type.

[Equation 16]

$$\phi_d = \Phi \cdot \frac{v_d}{v_d - v_r} \quad \dots \dots (16)$$

[Equation 17]

$$\phi_r = \Phi \cdot \frac{v_r}{v_r - v_d} \quad \dots \dots (17)$$

[0053] A computer 202 outputs the count result by the formula (16) and the formula (17) to the liquid crystal Fresnel lens control unit 201 and the liquid crystal phase modulation component control unit 104. As an output, it is refractive-power  $\phi$  in this way. And  $\phi$  You may output and may make it output the amount corresponding to the phase distribution variation by other scale factors and liquid crystal phase modulation components 110 of liquid crystal Fresnel lens 200. It can consider as the condition of could carry out adjustable [ of the scale factor (1 / refractive power  $\phi$ ) ] to arbitration by the above, and having negated chromatic aberration in the scale factor of arbitration.

[0054] In addition, Abbe number  $n_r$  [ in / on the above and / by the difference in the mechanism of generating of the chromatism of the liquid crystal phase modulation component 110 and liquid crystal Fresnel lens 200 / a formula (16) and a formula (17) ] Abbe number  $n_d$  Since it is far large, It sets in the synthetic refractive power  $\phi$  of the whole scale-factor adjustable optical equipment, and is refractive-power  $\phi_r$  of liquid crystal Fresnel lens 200. Most is determined. Refractive-power  $\phi$  of the liquid crystal phase modulation component 110 Although it is small, it sets in the gestalt 5 of this operation. It is made in agreement with accuracy in the refractive power corresponding to the image formation scale factor a variable power signal instructs the synthetic refractive power of the liquid

crystal phase modulation component 110 as liquid crystal Fresnel lens 200 as scale-factor adjustable dioptric system, and a diffraction mold phase distribution modulation element to be.

[0055] As mentioned above, according to the gestalt 5 of this operation, where the aberration in the whole optical system of the scale-factor adjustable optical equipment which consists of liquid crystal Fresnel lens 200 and a liquid crystal phase modulation component 110 is negated, the image formation scale factor in the whole optical system can be made into the same image formation scale factor as directions of a variable power signal, and an image formation condition can be kept good in all zoom positions.

[0056] Moreover, refractive-power phid of liquid crystal Fresnel lens 200 Since the refractive power and the scale factor of scale-factor adjustable optical equipment can be changed by change, an image formation scale factor can be made adjustable, without being accompanied by change of the mechanical configuration of modification of the distance between lenses etc., and miniaturization and lightweightization can be attained. According to the configuration of the gestalt 5 of this operation, the single lens which serves as an image formation scale factor of arbitration where chromatic aberration is negated is especially realizable with liquid crystal Fresnel lens 200 and the liquid crystal phase modulation component 110.

[0057] In addition, like the case in the gestalt 2 of said operation, calculate chromatic aberration in a actual image formation condition using a 2-dimensional detector and an image processing system, and it sets for an operation means. It can also consider as the configuration which calculates and outputs the amount corresponding to the phase distribution variation by the scale factor and the liquid crystal phase modulation component 110 of liquid crystal Fresnel lens 200 which suited realizing the image formation scale factor of arbitration where chromatic aberration is negated, and the same effectiveness is acquired.

[0058] Although liquid crystal Fresnel lens 200 was used as scale-factor adjustable dioptric system with the gestalt 5 of operation, other objects may be used as long as it is the lens made from the construction material which is gestalt 6. of operation, and which can control a refractive index dynamically. For example, the lens (henceforth EO lens) using the department of EO (Electro-Optic: electro-optics) material may be used.

[0059] Drawing 8 is the explanatory view showing the scale-factor adjustable approach of EO lens, and EO lens (the lens using EO ingredient, scale-factor adjustable dioptric system) with which EO crystal consists in 300 and a transparent electrode and 304 consist of the EO crystal 300, a transparent electrode 301, and a transparent electrode 302 in 301,302, and 303 are the sources of an adjustable constant voltage in drawing. In addition, the EO crystal 300 is fabricated by the plano-convex lens configuration, and is a crystal in which a birefringence (change of the refractive index by the direction of polarization of a light wave) is shown by the impressed electric field. Transparent electrodes 301 and 302 are stuck on the front face of the EO crystal 300 with the bright film with conductivity.

[0060] Next, actuation is explained. The transparent electrode 301 is stuck on the flat-surface side of the EO crystal 300, and is in touch-down potential. Now, when the electromotive force of the source 303 of an adjustable constant voltage is 0, the refractive index to the linearly polarized wave of the arbitration of the EO crystal 300 is everywhere homogeneity. Next, since spacing of a transparent electrode 301 and a transparent electrode 302 is so narrow that it goes to a lens periphery from a lens core when the electromotive force of the source 303 of an adjustable constant voltage is generated, impression electric field become so strong that it goes to a lens periphery. The amount of displacement of the refractive index of the EO crystal 300 is proportional to the 1st power or square of impression electric field. As a result, centering on a lens, the refractive index of the EO crystal 300 is weak, and becomes strong by the lens periphery. Therefore, it acts as scale-factor adjustable dioptric system from which refractive power changes with change of the electromotive force of the source 303 of an adjustable constant voltage. Therefore, even if it uses the EO lens 304 in the gestalt 6 of this operation instead of liquid crystal Fresnel lens 200 of the gestalt 5 of said operation, the same effectiveness as

the gestalt 5 of operation can be acquired.

[0061] as mentioned above, according to the gestalt 6 of this operation, where the aberration in the whole optical system of the scale factor adjustable optical equipment which consist of an EO lens 304 and a liquid crystal phase modulation component 110 be negate, the image formation scale factor in the whole optical system can be make into the same image formation scale factor as directions of a variable power signal, and the single lens which can always keep an image formation condition good in all zoom positions can be realize.

[0062] Moreover, since the EO lens 304 is used as scale-factor adjustable dioptric system, While refractive power is easily [ control of the electrical potential difference impressed to a lens can perform electrically control of the refractive power accompanying the refractive index of a lens, and it, and ] controllable to accuracy Since it can form only by beginning to shave EO crystal as compared with processes, such as enclosure, being required when liquid crystal is used for a lens, it can manufacture easily.

[0063] If the gestalt 5 of the gestalt 7. aforementioned implementation of operation or the gestalt 6 of said operation is used, it is possible to also make it act as a lens which can carry out adjustable [ of refractive power and the chromatic aberration ] independently and dynamically. Therefore, it becomes possible to amend the chromatic aberration of arbitration in a relay lens etc., without changing the refractive power of a relay lens from a predetermined value, if this lens is applied to the relay lens in the zoom optical system of for example, the conventional example etc.

[0064] In addition, in the gestalt of each above-mentioned implementation, although amendment of chromatic aberration was explained to the example, it cannot be overemphasized that it is what this invention is not limited to amendment of chromatic aberration, can amend general aberration dynamically, and can prevent degradation of an image.

[0065]

[Effect of the Invention] As mentioned above, the scale-factor adjustable dioptric system whose image formation scale factor is adjustable according to invention according to claim 1, Since it constituted so that phase distribution of a light wave might be changed to another phase distribution by diffraction phenomena and it might have the diffraction mold phase distribution modulation element the phase distribution variation of whose is adjustable While making it the image formation scale factor of arbitration according to scale-factor adjustable dioptric system, by the diffraction mold phase distribution modulation element Even if the amount of aberration which can change phase distribution of a light wave into another phase distribution by diffraction phenomena so that the image formation condition of changing in connection with the scale factor of scale-factor adjustable dioptric system may be kept good, and is generated in scale-factor adjustable dioptric system changes By making the amount of phase changes of a diffraction mold phase distribution modulation element into a suitable value, this is amended and there is effectiveness which can always keep an image formation condition good. Therefore, when each lens of scale-factor adjustable dioptric system is constituted from a single lens with aberration, aberration can be negated in all image formation scale factors, and it can consider as a good image formation condition, and as compared with cases, such as using each lens as a lamination lens, it is effective in the ability to aim at lens number of sheets, manday, cost, reduction of weight, etc.

[0066] Since according to invention according to claim 2 it constituted as a diffraction mold phase distribution modulation element so that a liquid crystal phase modulation component might be used, the amount of phase changes of a diffraction mold phase distribution modulation element can be electrically controlled by control of the applied voltage to the electrode of a liquid crystal phase modulation component, and there is effectiveness which can control the amount of phase changes to accuracy, and can always keep an image formation condition good to it easily.

[0067] According to invention according to claim 3, the light which penetrates said scale-factor adjustable dioptric system as scale-factor adjustable dioptric system Red, Since the diffraction mold



phase distribution modulation element was constituted so that it might prepare in each optical path of said 3 color-separation optical system when what has 3 color-separation optical system distributed to an optical path which divided into three wavelength ranges consisting mainly of green and blue, and is respectively different was used Since, as for a diffraction mold phase distribution modulation element, that chromatic aberration may be amended can only suppress a secondary spectrum few in one narrow wavelength range to which it corresponds of the three wavelength ranges consisting mainly of red, green, and blue, It is effective in the ability to suppress the secondary spectrum in a full wave length band few with the diffraction mold phase distribution modulation element prepared in each optical path of 3 color-separation optical system.

[0068] According to invention according to claim 4, the light which penetrates said scale-factor adjustable dioptric system as scale-factor adjustable dioptric system Red, Since the diffraction mold phase distribution modulation element was constituted so that it might prepare in the preceding paragraph of said 3 color-separation optical system when what has 3 color-separation optical system distributed to an optical path which divided into three wavelength ranges consisting mainly of green and blue, and is respectively different was used Structure is simplified and it is [ that what is necessary is just to prepare a diffraction mold phase distribution modulation element in the one preceding paragraph of 3 color-separation optical system ] effective in the ability to attain low cost-ization.

[0069] Since according to invention according to claim 5 it was constituted by compound of a single lens or a lens group, and it constituted as scale-factor adjustable dioptric system so that it might have the optical system which makes an image formation scale factor adjustable by changing those spacing, there is effectiveness which can constitute the scale-factor adjustable optical equipment which improved the image formation condition by adding a diffraction mold phase distribution modulation element to this using ordinary scale-factor adjustable dioptric system.

[0070] Since according to invention according to claim 6 it constituted so that it might have the optical system which used at least one lens constituted from construction material whose refractive index is adjustable as scale-factor adjustable dioptric system Since the refractive power of scale-factor adjustable dioptric system can be changed by changing a refractive index in the lens constituted from construction material whose refractive index is adjustable, An image formation scale factor can be made adjustable, without being accompanied by change of the mechanical configuration of modification of the distance between lenses etc., and it is effective in the ability to attain miniaturization and lightweight-ization.

[0071] Since according to invention according to claim 7 it constituted so that the lens using liquid crystal as a lens constituted from construction material whose refractive index is adjustable might be used, the refractive index of a lens and the refractive power accompanying it are electrically controllable by control of electric field, and since the refractive index of liquid crystal follows electric field at accuracy, the effectiveness which can control refractive power is in accuracy easily.

[0072] Since according to invention according to claim 8 it constituted so that the lens using EO ingredient as a lens constituted from construction material whose refractive index is adjustable might be used While refractive power is easily [ control of the electrical potential difference impressed to a lens can perform electrically control of the refractive power accompanying the refractive index of a lens, and it, and ] controllable to accuracy Since it can form only by beginning to shave EO crystal as compared with processes, such as enclosure, being required when liquid crystal is used for a lens, there is effectiveness which can make manufacture easy.

[0073] The scale-factor adjustable dioptric system whose image formation scale factor is adjustable according to invention according to claim 9, The scale-factor adjustable dioptric-system control unit controlled so that the scale factor of this scale-factor adjustable dioptric system serves as any value, The diffraction mold phase distribution modulation element the phase distribution variation of whose phase distribution of a light wave is changed to another phase distribution by diffraction phenomena, and is adjustable, Since it constituted so that it might have the diffraction mold phase distribution

modulation element control unit controlled so that this diffraction mold phase distribution modulation element has phase distribution of arbitration While making scale-factor adjustable dioptric system into the image formation scale factor of arbitration by control of a scale-factor adjustable dioptric-system control unit There is effectiveness which can consider as the suitable amount of phase changes which amends the amount of aberration which generates the amount of phase changes of a diffraction mold phase distribution modulation element in scale-factor adjustable dioptric system, can amend aberration, and can always keep an image formation condition good by control of a diffraction mold phase distribution modulation element control unit. Therefore, when each lens of scale-factor adjustable dioptric system is constituted from a single lens with aberration, aberration can be negated in all image formation scale factors, and it can consider as a good image formation condition, and as compared with cases, such as using each lens as a lamination lens, it is effective in the ability to aim at lens number of sheets, manday, cost, reduction of weight, etc.

[0074] The image formation scale factor of the scale-factor adjustable dioptric system whose image formation scale factor is adjustable according to invention according to claim 10, Memorize beforehand the information about relation with the phase distribution variation by the diffraction mold phase distribution modulation element which suited negating the aberration generated in said scale-factor adjustable dioptric system, and it corresponds to said image formation scale factor. Since it constituted so that it might have an operation means to calculate and output the amount corresponding to the phase distribution variation by said diffraction mold phase distribution modulation element which suited By controlling a diffraction mold phase distribution modulation element using the amount corresponding to the phase distribution variation by the diffraction mold phase distribution modulation element which corresponded to the image formation scale factor of scale-factor adjustable dioptric system, and was calculated and outputted by the operation means The aberration generated in scale-factor adjustable dioptric system is negated by the diffraction mold phase distribution modulation element, and there is effectiveness which can always keep an image formation condition good.

[0075] The 2-dimensional detector which changes into an electrical signal the image in which image formation was carried out by the optical system of the scale-factor adjustable optical equipment whose image formation scale factor is adjustable according to invention according to claim 11, The image processing system which performs data processing to the output signal of this 2-dimensional detector, and detects the aberration of said optical system, Since it constituted so that it might have an operation means to calculate and output the amount corresponding to the phase distribution variation by the diffraction mold phase distribution modulation element which suited negating the aberration of said optical system, based on the output of this image processing system By controlling a diffraction mold phase distribution modulation element using the amount corresponding to the phase distribution variation by the diffraction mold phase distribution modulation element calculated and outputted by the operation means based on the aberration detected using the 2-dimensional detector and the image processing system The aberration generated in scale-factor adjustable dioptric system is negated by the diffraction mold phase distribution modulation element, and there is effectiveness which can always keep an image formation condition good.

[0076] The image formation scale factor of the optical system of the scale-factor adjustable optical equipment whose image formation scale factor is adjustable according to invention according to claim 12, Where aberration is negated, memorize beforehand the information about the relation between the scale factor of the scale-factor adjustable dioptric system which suited realizing said image formation scale factor, and the phase distribution variation by the diffraction mold phase distribution modulation element, and it corresponds to said image formation scale factor. Since it constituted so that it might have an operation means to calculate and output the scale factor of said scale-factor adjustable dioptric system which suited realizing said image formation scale factor, and the amount corresponding to the phase distribution variation by said diffraction mold phase distribution modulation element where aberration is negated By controlling scale-factor adjustable dioptric system and a diffraction mold phase distribution

modulation element using the amount corresponding to the phase distribution variation by the scale factor of scale-factor adjustable dioptric system and diffraction mold phase distribution modulation element which corresponded to the image formation scale factor of scale-factor adjustable optical equipment, and were calculated and outputted by the operation means Where the aberration in the whole scale-factor adjustable optical equipment is negated, the image formation scale factor of the request in the whole scale-factor adjustable optical equipment can be realized, and there is effectiveness which can always keep an image formation condition good.

[0077] The 2-dimensional detector which changes into an electrical signal the image in which image formation was carried out by the optical system of the scale-factor adjustable optical equipment whose image formation scale factor is adjustable according to invention according to claim 13, The image processing system which performs data processing to the output signal of this 2-dimensional detector, and detects the aberration of said optical system, Since it constituted so that it might have an operation means to calculate and output the amount corresponding to the phase distribution variation by the scale factor of scale-factor adjustable dioptric system and diffraction mold phase distribution modulation element which suited realizing said image formation scale factor where aberration is negated, based on the output of this image processing system Based on the aberration detected using the 2-dimensional detector and the image processing system, with an operation means By controlling scale-factor adjustable dioptric system and a diffraction mold phase distribution modulation element using the amount corresponding to the phase distribution variation by the scale factor of scale-factor adjustable dioptric system and diffraction mold phase distribution modulation element which were calculated and outputted Where the aberration in the whole scale-factor adjustable optical equipment is negated, the image formation scale factor of the request in the whole scale-factor adjustable optical equipment can be realized, and there is effectiveness which can always keep an image formation condition good.

---

[Translation done.]

#### **\* NOTICES \***

**JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

#### **DESCRIPTION OF DRAWINGS**

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the block diagram showing the scale-factor adjustable optical equipment by the gestalt 1 of implementation of this invention.

[Drawing 2] It is the block diagram of 3 color-separation optical system of the scale-factor adjustable optical equipment by the gestalt 1 of implementation of this invention.

[Drawing 3] It is the explanatory view showing signs that the plane wave which carried out incidence to finite opening diffracts.

[Drawing 4] It is the explanatory view of the principle of a diffraction component with the lens effectiveness.

[Drawing 5] It is the explanatory view showing the configuration of a blazed grating lens.

[Drawing 6] It is the block diagram of the liquid crystal phase modulation component of the scale-factor adjustable optical equipment by the gestalt 1 of implementation of this invention.

[Drawing 7] It is the block diagram showing the scale-factor adjustable optical equipment by the gestalt 5 of implementation of this invention.

[Drawing 8] It is the explanatory view showing the scale-factor adjustable approach of EO lens of the scale-factor adjustable optical equipment by the gestalt 6 of implementation of this invention.

[Drawing 9] It is the block diagram showing conventional scale-factor adjustable optical equipment.

[Drawing 10] It is the explanatory view of the scale-factor adjustable principle of general zoom optical system.

[Drawing 11] It is the explanatory view of chromatic aberration.

[Description of Notations]

7 Zoom Optical-System Control Unit (Scale-Factor Adjustable Dioptric-System Control Unit), 101 3 Color-Separation Optical System, 103 The amount arithmetic unit of chromatic-aberration amendments (operation means), 104 Liquid crystal phase modulation component control unit (diffraction mold phase distribution modulation element control unit), 107 A red channel optical path (optical path), 108 Blue channel optical path (optical path), 109 A green channel optical path (optical path), 110 Liquid crystal phase modulation component (diffraction mold phase distribution modulation element), 200 A liquid crystal Fresnel lens (the lens using liquid crystal, scale-factor adjustable dioptric system), 201 A liquid crystal Fresnel lens control unit (scale-factor adjustable dioptric-system control unit), 202 A computer (operation means), 304 EO lens (the lens using EO ingredient, scale-factor adjustable dioptric system).

---

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-318909

(43) 公開日 平成9年(1997)12月12日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 B 27/18			G 0 2 B 27/18	Z
15/00			15/00	
27/44			27/44	
G 0 2 F 1/13	5 0 5		G 0 2 F 1/13	5 0 5

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願平8-133951

(22) 出願日 平成8年(1996)5月28日

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72) 発明者 鈴木 二郎

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内

(72) 発明者 鈴木 浩志

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内

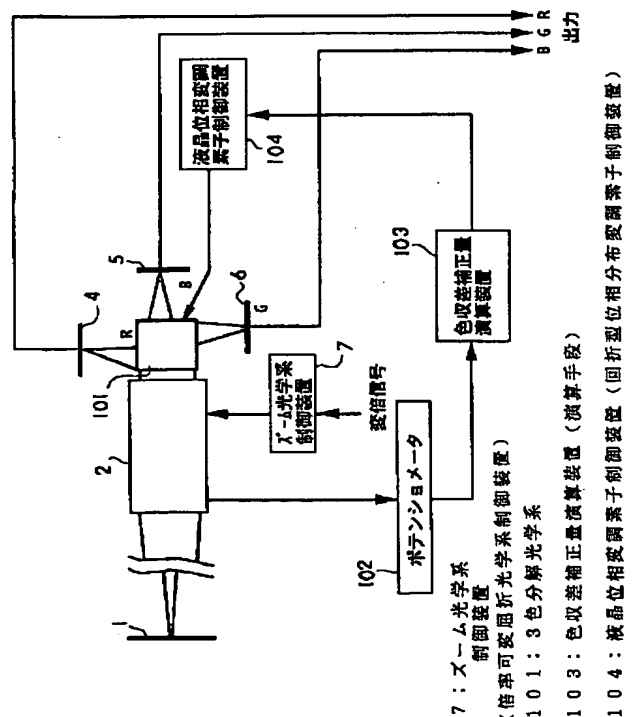
(74) 代理人 弁理士 田澤 博昭 (外2名)

(54) 【発明の名称】 倍率可変光学装置

(57) 【要約】

【課題】 色収差を補正するために倍率可変アフォーカル系2を構成する各レンズ等を張り合わせレンズとする必要があり、レンズ枚数、工数、コストの増加、重量増加、レンズ間隔可変範囲の制限等による設計上の制約等が生じ、また、残留色収差による像の劣化が避けられないなどの課題があった。

【解決手段】 結像倍率可変のズーム光学系と、3色分解光学系101の各チャンネルに設けられ光波の位相分布を回折現象によって別の位相分布に変量変化させる液晶位相変調素子110と、ズーム光学系で発生する収差を打ち消すに適合した液晶位相変調素子110による位相分布変化量を演算して出力する色収差補正量演算装置103とを備えたものである。



(2)

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 結像倍率が可変である倍率可変屈折光学系と、回折現象により光波の位相分布を別の位相分布に変化させ、かつ、その位相分布変化量が可変である回折型位相分布変調素子とを備えたことを特徴とする倍率可変光学装置。

【請求項2】 回折型位相分布変調素子として、液晶位相変調素子を用いたことを特徴とする請求項1記載の倍率可変光学装置。

【請求項3】 倍率可変屈折光学系は、前記倍率可変屈折光学系を透過する光を赤、緑、青を中心とした3つの波長帯に分割して各々異なった光路に振り分ける3色分解光学系を有しており、回折型位相分布変調素子は、前記3色分解光学系の各光路に設けられていることを特徴とする請求項1または請求項2記載の倍率可変光学装置。

【請求項4】 倍率可変屈折光学系は、前記倍率可変屈折光学系を透過する光を赤、緑、青を中心とした3つの波長帯に分割して各々異なった光路に振り分ける3色分解光学系を有しており、回折型位相分布変調素子は、前記3色分解光学系の前段に設けられていることを特徴とする請求項1または請求項2記載の倍率可変光学装置。

【請求項5】 倍率可変屈折光学系として、単レンズまたはレンズ群の複合により構成され、それらの間隔を変化させることにより結像倍率を可変とする光学系を備えたことを特徴とする請求項1から請求項4のうちのいずれか1項記載の倍率可変光学装置。

【請求項6】 倍率可変屈折光学系として、屈折率が可変である材質で構成したレンズを少なくとも1個使用した光学系を備えたことを特徴とする請求項1から請求項4のうちのいずれか1項記載の倍率可変光学装置。

【請求項7】 屈折率が可変である材質で構成したレンズとして、液晶を用いたレンズを使用したことを特徴とする請求項6記載の倍率可変光学装置。

【請求項8】 屈折率が可変である材質で構成したレンズとして、E〇材料を用いたレンズを使用したことを特徴とする請求項6記載の倍率可変光学装置。

【請求項9】 結像倍率が可変である倍率可変屈折光学系と、この倍率可変屈折光学系の倍率が任意の値となるように制御する倍率可変屈折光学系制御装置と、光波の位相分布を回折現象によって別の位相分布に変化させ、かつ、その位相分布変化量が可変である回折型位相分布変調素子と、この回折型位相分布変調素子が任意の位相分布をもつように制御する回折型位相分布変調素子制御装置とを備えたことを特徴とする倍率可変光学装置。

【請求項10】 結像倍率が可変である倍率可変屈折光学系の結像倍率と前記倍率可変屈折光学系で発生する収差を打ち消すに適合した回折型位相分布変調素子による位相分布変化量との関係に関する情報をあらかじめ記憶しておき、

2

前記結像倍率に対応して、前記適合した回折型位相分布変調素子による位相分布変化量に対応する量を演算して出力する演算手段を備えたことを特徴とする請求項9記載の倍率可変光学装置。

【請求項11】 結像倍率が可変である倍率可変光学装置の光学系によって結像された像を電気信号に変換する二次元検出器と、この二次元検出器の出力信号に対して演算処理を行い、前記光学系の収差を検出する画像処理装置と、この画像処理装置の出力を基に、前記光学系の収差を打ち消すに適合した回折型位相分布変調素子による位相分布変化量に対応する量を演算して出力する演算手段とを備えたことを特徴とする請求項9記載の倍率可変光学装置。

【請求項12】 結像倍率が可変である倍率可変光学装置の光学系の結像倍率と、収差を打ち消した状態で前記結像倍率を実現するに適合した倍率可変屈折光学系の倍率と回折型位相分布変調素子による位相分布変化量との関係に関する情報をあらかじめ記憶しておき、

前記結像倍率に対応して、収差を打ち消した状態で前記結像倍率を実現するに適合した前記倍率可変屈折光学系の倍率および前記回折型位相分布変調素子による位相分布変化量に対応する量を演算して出力する演算手段を備えたことを特徴とする請求項9記載の倍率可変光学装置。

【請求項13】 結像倍率が可変である倍率可変光学装置の光学系によって結像された像を電気信号に変換する二次元検出器と、この二次元検出器の出力信号に対して演算処理を行い、前記光学系の収差を検出する画像処理装置と、この画像処理装置の出力を基に、収差を打ち消した状態で前記結像倍率を実現するに適合した倍率可変屈折光学系の倍率および回折型位相分布変調素子による位相分布変化量に対応する量を演算して出力する演算手段とを備えたことを特徴とする請求項9記載の倍率可変光学装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、ビデオカメラに用いられるズーム光学系等の、倍率可変機能を有する倍率可変屈折光学系を備えた倍率可変光学装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】倍率可変光学装置は、結像倍率を連続的に変化させる機能を持つズーム光学系等の、結像倍率変化可能な倍率可変光学系を備えた光学装置である。テレビ放送などに一般的に用いられるビデオカメラは倍率可変光学装置の一例であり、さまざまな大きさの被写体を撮影したり、演出効果を得たりする目的で、ズーム光学系を備えている。

【0003】図9は、例えば光技術コンタクト、Vo

1. 23, NO. 3, p30-35、およびVo1. 2

(3)

3

3, No. 8, p 44-51 に示された従来の倍率可変光学装置としてのビデオカメラの構成を示す概略図であり、図において、1は物体面、2は倍率可変アフォーカル系、3は3色分解光学系、4は赤チャンネル撮像管、5は青チャンネル撮像管、6は緑チャンネル撮像管、7はズーム光学系制御装置である。

【0004】物体面1は被写体が存在する面で、倍率可変アフォーカル系2の光軸に直交した仮想的平面である。倍率可変アフォーカル系2は後述する原理を用いて、倍率を変化させることができるアフォーカル系である。3色分解光学系3は倍率可変アフォーカル系2を透過した光を赤、緑、青を中心とした3つの波長帯に分割して各々異なった光路に振り分けるプリズムと、3つの波長帯別の光路毎に設けられたリレーレンズとを備えており、これらのリレーレンズと倍率可変アフォーカル系2との組み合わせでズーム光学系が構成される。

【0005】以下、これら3つの波長帯に対する光路をそれぞれ赤チャンネル、緑チャンネル、青チャンネルという。赤チャンネル撮像管4は赤チャンネルを透過してその像面に結像した物体面1の像の二次元強度分布を電気信号に変換し、青チャンネル撮像管5は青チャンネルを透過してその像面に結像した物体面1の像の二次元強度分布を電気信号に変換し、緑チャンネル撮像管6は緑チャンネルを透過してその像面に結像した物体面1の像の二次元強度分布を電気信号に変換する。ズーム光学系制御装置7はユーザーの入力による変倍信号に応じて倍率可変アフォーカル系2の可変部を制御し、倍率を変化\*

$$xx' = f^2$$

ただし、xはバリエータ9の前側焦点から物体面1までの距離、x'はバリエータ9の後側焦点から像面までの距離、fはバリエータ9の焦点距離である。このと ※

$$m = x'/f$$

従って、フォーカシングレンズ8とバリエータ9の間隔を変化させれば、xの変化により式(2)のx'が変化し、倍率mが変化する。次にコンペンセータ10の前側焦点をバリエータ9の像面位置に一致させるように、バリエータ9とコンペンセータ10との間隔を変化させれば倍率可変なアフォーカル系とすることができる。リレーレンズ11は倍率可変アフォーカル系2により無限遠に結像された像を撮像管に結像する。

【0008】次に、ズーム光学系の色収差について述べる。単レンズの色収差は硝子の屈折率の波長分散に起因★

$$L = \sum_i h_i^2 \frac{\phi_i}{v_i}$$

ここで、Lはズーム光学系12の色収差量、 $h_i$ はi番目のレンズを通る周辺光線の高さ、 $v_i$ はi番目のレンズの硝材のアッベ数、 $\phi_i$ はi番目のレンズの屈折力である。

【0010】前記したように、倍率可変アフォーカル系

4

\*させる。

【0006】次に動作について説明する。まず、このビデオカメラのズーム光学系の倍率可変の原理を説明する。図10は、図9の倍率可変アフォーカル系2と、3色分解光学系3のリレーレンズとにより構成されるズーム光学系の説明図であり、図において、8は被写体を一定の倍率で結像するフォーカシングレンズ、9はフォーカシングレンズ8が結像した像を自身の像空間に大きさを変えて結像するバリエータ、10はバリエータ9の結像した像を無限遠に結像するコンペンセータである。フォーカシングレンズ8およびコンペンセータ10は正の屈折力、バリエータ9は負の屈折力を持つレンズであり、以上のフォーカシングレンズ8、バリエータ9、およびコンペンセータ10により倍率可変アフォーカル系2が構成されている。また、11は3色分解光学系3の各チャンネル毎に設けられ、コンペンセータ10の結像した像を撮像管の光電変換面に結像する、正の屈折力を持つリレーレンズである。

【0007】以下、各レンズを屈折力 $\Phi$ をパラメータとして持つ薄肉レンズに近似し、近軸領域において説明する。今、被写体が無限遠にある場合を考える。フォーカシングレンズ8はその焦点面に被写体の像を結像する。また、バリエータ9はフォーカシングレンズ8の結像した像を自身の像空間に結像する。バリエータ9に関するニュートンの結像式は次式で表される。

【数1】

$$\dots\dots (1)$$

※き、結像の倍率は次式で表される。

【数2】

$$\dots\dots (2)$$

★してレンズの屈折力が波長によって変化することにより発生する。複数枚の単レンズを組み合わせたズーム光学系では単レンズの色収差を合成した色収差をもつ。

【0009】図11は色収差の説明図であり、図において、12はズーム光学系、13はある波長における光路、14は前記波長とは異なる波長における光路である。この色収差はズーム光学系12を構成する各レンズの色収差の加算によって次式のように表される。

【数3】

$$\dots\dots (3)$$

2では倍率を可変とするためにレンズの間隔を変えるので、必然的に各レンズにおける周辺光線の高さ $h_i$ が変化する。このため、一つの倍率に対するレンズ間隔(以下、倍率に1対1に対応したレンズ間隔をズームポジションという)でズーム光学系12の色収差量が0となる

(4)

5

ように設計しても、倍率を変えるためにズームポジションが変化すると、 $h_j$ が変化し、式(3)で表される色収差が生ずる。

【0011】以上に述べたように、単体で色収差を持つレンズ同志の間隔が変化するズーム光学系では、色消しを行うことは不可能である。従って、倍率可変アフォーカル系2およびリレーレンズ11の各レンズを、アッペ数の異なる2枚のレンズにより構成される張り合わせレンズまたはレンズ群とし、それぞれを独立のレンズとみなしたとき式(3)が0となるように2枚のレンズまたはレンズ群に屈折力を配分することで色消しを行う。すなわち、2枚のレンズの色収差量の絶対値が等しくかつ極性が逆向きとなるように、または、レンズ群の色収差量の合計が0となるように配置すれば、等価的に色収差の無いレンズにより倍率可変アフォーカル系2およびリレーレンズ11を構成して、色消しを行うことが可能である。

【0012】しかし、硝子のアッペ数は波長域によって変化するため、各レンズを上記のように構成して色消しを行っても色収差は残留し(以下この残留した色収差を残留色収差という)、しかも、光学系の倍率によって色収差の変化が起こる。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】従来の倍率可変光学装置は以上のように構成されているので、色収差を補正するために倍率可変アフォーカル系2を構成する各レンズ、およびリレーレンズ11のそれぞれを複数枚のレンズを組み合わせた張り合わせレンズまたはレンズ群とする必要があり、このため、レンズ枚数が増加し、必然的に工数およびコストの増加、重量増加、レンズ間隔可変範囲の制限等による設計上の制約等が生じる課題があった。

【0014】また、上記のようなレンズ構成としても残留色収差が存在し、しかもズームポジションによってその大きさが変化するため、像の劣化が避けられないなどの課題があった。

【0015】この発明は上記のような課題を解決するためになされたもので、倍率に依存して変化する色収差をはじめとする収差一般を動的に補正して像の劣化を防止することが可能な倍率可変光学装置を得ることを目的とする。

【0016】

【課題を解決するための手段】請求項1記載の発明に係る倍率可変光学装置は、結像倍率が可変である倍率可変屈折光学系と、回折現象により光波の位相分布を別の位相分布に変化させ、かつ、その位相分布変化量が可変である回折型位相分布変調素子とを備えたものである。

【0017】請求項2記載の発明に係る倍率可変光学装置は、回折型位相分布変調素子として、液晶位相変調素子を用いたものである。

6

【0018】請求項3記載の発明に係る倍率可変光学装置は、倍率可変屈折光学系として前記倍率可変屈折光学系を透過する光を赤、緑、青を中心とした3つの波長帯に分割して各々異なった光路に振り分ける3色分解光学系を有するものを用いた場合に、回折型位相分布変調素子を、前記3色分解光学系の各光路に設けたものである。

【0019】請求項4記載の発明に係る倍率可変光学装置は、倍率可変屈折光学系として前記倍率可変屈折光学系を透過する光を赤、緑、青を中心とした3つの波長帯に分割して各々異なった光路に振り分ける3色分解光学系を有するものを用いた場合に、回折型位相分布変調素子を、前記3色分解光学系の前段に設けたものである。

【0020】請求項5記載の発明に係る倍率可変光学装置は、倍率可変屈折光学系として、単レンズまたはレンズ群の複合により構成され、それらの間隔を変化させることにより結像倍率を可変とする光学系を備えたものである。

【0021】請求項6記載の発明に係る倍率可変光学装置は、倍率可変屈折光学系として、屈折率が可変である材質で構成したレンズを少なくとも1個使用した光学系を備えたものである。

【0022】請求項7記載の発明に係る倍率可変光学装置は、屈折率が可変である材質で構成したレンズとして、液晶を用いたレンズを使用したものである。

【0023】請求項8記載の発明に係る倍率可変光学装置は、屈折率が可変である材質で構成したレンズとして、EO材料を用いたレンズを使用したものである。

【0024】請求項9記載の発明に係る倍率可変光学装置は、結像倍率が可変である倍率可変屈折光学系と、この倍率可変屈折光学系の倍率が任意の値となるように制御する倍率可変屈折光学系制御装置と、光波の位相分布を回折現象によって別の位相分布に変化させ、かつ、その位相分布変化量が可変である回折型位相分布変調素子と、この回折型位相分布変調素子が任意の位相分布をもつように制御する回折型位相分布変調素子制御装置とを備えたものである。

【0025】請求項10記載の発明に係る倍率可変光学装置は、結像倍率が可変である倍率可変屈折光学系の結像倍率と、前記倍率可変屈折光学系で発生する収差を打ち消すに適合した回折型位相分布変調素子による位相分布変化量との関係に関する情報をあらかじめ記憶しておき、前記結像倍率に対応して、前記適合した回折型位相分布変調素子による位相分布変化量に対応する量を演算して出力する演算手段を備えたものである。

【0026】請求項11記載の発明に係る倍率可変光学装置は、結像倍率が可変である倍率可変光学装置の光学系によって結像された像を電気信号に変換する二次元検出器と、この二次元検出器の出力信号に対して演算処理を行い、前記光学系の収差を検出する画像処理装置と、

50



7

この画像処理装置の出力を基に、前記光学系の収差を打ち消すに適合した回折型位相分布変調素子による位相分布変化量に対応する量を演算して出力する演算手段とを備えたものである。

【0027】請求項12記載の発明に係る倍率可変光学装置は、結像倍率が可変である倍率可変光学装置の光学系の結像倍率と、収差を打ち消した状態で前記結像倍率を実現するに適合した倍率可変屈折光学系の倍率と回折型位相分布変調素子による位相分布変化量との関係に関する情報をあらかじめ記憶しておき、前記結像倍率に

10 対応して、収差を打ち消した状態で前記結像倍率を実現するに適合した前記倍率可変屈折光学系の倍率および前記回折型位相分布変調素子による位相分布変化量に対応する量を演算して出力する演算手段を備えたものである。

【0028】請求項13記載の発明に係る倍率可変光学装置は、結像倍率が可変である倍率可変光学装置の光学系によって結像された像を電気信号に変換する二次元検出器と、この二次元検出器の出力信号に対して演算処理を行い、前記光学系の収差を検出する画像処理装置と、この画像処理装置の出力を基に、収差を打ち消した状態

20 で前記結像倍率を実現するに適合した倍率可変屈折光学系の倍率および回折型位相分布変調素子による位相分布変化量に対応する量を演算して出力する演算手段とを備えたものである。

【0029】

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施の一形態を説明する。

実施の形態1. 図1はこの発明の実施の形態1による倍率可変光学装置を示す構成図であり、ビデオカメラ等に適用されるズーム機能を持った倍率可変光学装置の一例を表している。図において、1は被写体が存在する物体面、2は前記従来例において説明した原理を用いて倍率を可変とする倍率可変アフォーカル系であり、前記従来例の図10において示したフォーカシングレンズ8、バリエータ9、およびコンペンセータ10を備えている。4は後述の3色分解光学系101により分割された赤チャンネルを透過してその像面に結像した物体面1の像の二次元強度分布を電気信号に変換する赤チャンネル撮像管、5は青チャンネルを透過してその像面に結像した物体面1の像の二次元強度分布を電気信号に変換する青チャンネル撮像管、6は緑チャンネルを透過してその像面に結像した物体面1の像の二次元強度分布を電気信号に変換する緑チャンネル撮像管、7はユーザーの入力による変倍信号に応じて倍率可変アフォーカル系2の可変部を制御し、倍率を変化させるズーム光学系制御装置（倍率可変屈折光学系制御装置）である。

【0030】101は倍率可変アフォーカル系2を透過した光を赤、緑、青を中心とした3つの波長帯に分割して各々異なった光路に振り分ける3色分解光学系であり、後述のダイクロイックミラー105、106と3つ

(5)

8

の光路毎に設けられたリレーレンズ11とを前記従来例における3色分解光学系3に相当する構成として備えているのに加え、各光路毎に液晶位相変調素子110を備えている。なお、倍率可変アフォーカル系2と、上記液晶位相変調素子110を除く3色分解光学系3との組み合わせにより、倍率可変屈折光学系、詳しくは、連続的に倍率を変化させるズーム光学系が構成されている。

【0031】102は倍率可変アフォーカル系2に取り付けられ、各レンズの位置を検出して出力するポテンシオメータ、103はポテンシオメータ102の出力より倍率可変アフォーカル系2の倍率を読みとり、この任意の倍率における色収差を0とするような色収差の補正量に関する演算を行う色収差補正量演算装置（演算手段）、104は色収差補正量演算装置103の出力を基に3色分解光学系101の備える液晶位相変調素子110で生じる位相変化を制御する液晶位相変調素子制御装置（回折型位相分布変調素子制御装置）である。

【0032】図2は3色分解光学系101の構成図であり、図において、11はリレーレンズ、105、106はダイクロイックミラー、107は赤チャンネル光路（光路）、108は青チャンネル光路（光路）、109は緑チャンネル光路（光路）、110は透過する光波の位相分布を回折現象により変化させ、かつ、その位相変化量が可変である回折素子（回折現象により光波の位相を変換する光学素子）である液晶位相変調素子（回折型位相分布変調素子）である。なお、図1および図10に示した部分と同一または相当の部分については同一符号を付して重複説明を省略する。

【0033】ダイクロイックミラー105は多くの波長が混在した入射光を赤チャンネル波長とその他の波長とに分光し、ダイクロイックミラー106はダイクロイックミラー105によって赤チャンネル波長を分光した残りの波長帯を含む入射光を、青チャンネル波長と緑チャンネル波長に分光する。赤チャンネル光路107はダイクロイックミラー105によって分光された赤チャンネル波長の光の光路、青チャンネル光路108はダイクロイックミラー106によって分光された青チャンネル波長の光の光路、緑チャンネル光路109はダイクロイックミラー106によって分光された緑チャンネル波長の光の光路である。リレーレンズ11は赤チャンネル、青チャンネル、緑チャンネルの各チャンネル毎に設けられ、各チャンネルの光を赤チャンネル撮像管4、青チャンネル撮像管5、および緑チャンネル撮像管6のそれぞれの撮像面に結像する。

【0034】液晶位相変調素子110は、倍率可変アフォーカル系2と各リレーレンズ11との組み合わせにより構成されたズーム光学系において発生する、球面状のレンズ加工による収差やズーム時のレンズ間隔変化により発生する収差等の波面収差を打ち消すような位相変化量とすることができると、球面レンズやズームポジシ

50

(6)

9

オン変化による波面収差を補正することができる。また、液晶位相変調素子 110 に屈折力をもつように位相変化量を与えると、後述する原理に従って回折素子特有の色収差が発生し、しかもその色収差量を可変とすることができるので、ズーム光学系で発生した色収差を打ち消すような色収差を液晶位相変調素子 110 において発生させて補正することもできる。

【0035】以下、回折素子による色収差補正について説明する。図 3 は有限開口に入射した平面波が回折する様子を示す説明図であり、図において、111 は入射す

$$\theta = \frac{\lambda}{\pi D}$$

以下においてこの 1 次回折光の平面波の入射方向に対する進行方向の変化  $\theta$  を回折角という。式 (4) は、開口の直径  $D$  の大きさによって回折角  $\theta$  が変化することを表している。

【0036】上述の回折角  $\theta$  を利用して、レンズ効果を持つ回折素子を構成することができる。図 4 はレンズ効果を持つ回折素子の原理の説明図であり、図において 115 は、多数の円環状の開口を同心円状に配置し、外周側の円環ほど円環の幅が細くなるように構成した遮蔽板※

$$D(r) = \frac{\lambda}{\pi \tan^{-1} \frac{r}{f}}$$

容易にわかるように、この回折素子に入射した光が全て 1 点に集光されるわけではなく、円環状の開口で内縁に回折した 1 次回折光以外の光、回折しない光 (0 次回折光)、開口で外側に回折する光、および遮蔽板 115 で吸収または反射される光が存在するため効率が悪い。しかし、硝材の表面に同心円環状の刻み (グレーティング) を施した図 5 に示すような回折素子を使用すると、★

$$r_m = \sqrt{m^2 \lambda^2 + 2mf\lambda}$$

ここで、 $\lambda$  は波長、 $f$  は (1/屈折力  $\Phi$ ) である。また、グレーティングの深さ  $l$  は、入射光の位相差  $1 \times \lambda \star$

$$l = \frac{\lambda}{(n-1)}$$

ここで、 $n$  は硝材の屈折率である。

【0037】上記のように構成したブレードグレーティングレンズ 116 により、所望の屈折力  $\Phi$  を得ることができるが、このブレードグレーティングレンズ 116 の作用は、グレーティングによる表面の起伏のパターンを、屈折率分布のパターンに置き換えた回折素子においても得ることができる。この実施の形態 1 で用いている液晶位相変調素子 110 はこのタイプの回折素子として作用するものである。図 5 のブレードグレーティングレンズ 116 の作用を液晶位相変調素子 110 で実現

10

\* する平面波、112 は直径  $D$  の開口をもつ遮蔽板、113 は平面波 111 の進行する方向、114 は 1 次回折光が進行する方向である。遮蔽板 112 の開口に入射した平面波 111 は、開口の端で回折し、進行方向が変化する。回折光は、0 次、1 次、2 次～ $n$  次の回折光の重ね合わせで表すことができるが、そのうち 1 次回折光の進行方向 114 は平面波 111 の入射方向 113 に対して次式で表す  $\theta$  だけ変化する。

【数 4】

$$\dots\dots (4)$$

※である。なお、図 3 に示した部分と同一または相当の部分については同一符号を付して重複説明を省略する。式 (4) によれば、外周の開口による 1 次回折光ほど  $\theta$  が大きくなる。従って、開口の幅を適切に選択すれば、各円環状の開口で回折した光を一点に収束することができる。この回折素子の焦点距離を  $f$  とすると、内径の半径が  $r$  である円環状の開口の幅  $D(r)$  は次式で表される。

【数 5】

$$\dots\dots (5)$$

★ほぼ 100% の効率が得られる。図において、116 は透明平板の表面に同心円状のグレーティングを刻んだブレードグレーティングレンズである。なお、図 4 に示した部分と同一または相当の部分については同一符号を付して重複説明を省略する。中心から  $m$  番目のグレーティングの立ち上がり部分の半径  $r_m$  は次式で表される。

【数 6】

$$\dots\dots (6)$$

☆に相当する次式で表される。

【数 7】

$$\dots\dots (7)$$

するためには、液晶位相変調素子 110 における電界制御による屈折率の分布を、前述のブレードグレーティングレンズ 116 におけるグレーティング表面の起伏のパターンと同様の分布とし、ブレードグレーティングレンズ 116 における位相変化量の分布と同じ位相変化量の分布を持つように屈折率の分布を与えればよい。

【0038】図 6 は液晶位相変調素子 110 の構成図であり、図において、117、118 は透明電極、119 は液晶である。なお、透明電極 117 は液晶位相変調素子 110 の表面にそれぞれ電氣的に絶縁されて張り付け

(7)

11

られた導電性アレイ型電極で、液晶119を挟んで対面する透明電極118の接地電位に対して任意の電位を取ることができる。この透明電極117と透明電極118間の電位差は液晶位相変調素子制御装置104によって制御される。液晶119は印加される電界に依存して屈折率が変化する性質を持つため、透明電極117の電位を制御することにより、液晶位相変調素子110における屈折率の分布を自在に変化させることができる。このように、液晶位相変調素子110は屈折率分布を任意に制御することができるため、屈折率分布による位相変化※10

$$L_d = h_d^2 \frac{\phi_d}{\nu_d} \dots\dots\dots (8)$$

ここで、 $h_d$  は周辺光線の高さ、 $\nu_d$  は次式により設計波長域において定数として定義される回折素子のアップベ

※数である。  
【数9】

$$\nu_d = \frac{\lambda_d}{\lambda_f - \lambda_c} \dots\dots\dots (9)$$

ここで、 $\lambda_f$  は設計波長帯域の短波長端、 $\lambda_c$  は設計波長帯域の長波長端、 $\lambda_d$  は設計波長帯域の中心波長である。従って、液晶位相変調素子110の屈折力 $\phi_d$ を変化させることにより、液晶位相変調素子110の色収差★

★ $L_d$  を任意値とすることができる。

【0040】繰り返しになるが、ズーム光学系の色収差 $L$ は次式で表すことができる。  
【数10】

$$L = \sum_i h_i^2 \frac{\phi_i}{\nu_i} \dots\dots\dots (10)$$

ここで $h_i$  は $i$ 番目のレンズを通る周辺光線の高さ、 $\nu_i$  は $i$ 番目のレンズの硝材のアップベ数、 $\phi_i$  は $i$ 番目のレンズの屈折力である。ズーム光学系の結像倍率を変化させるためにレンズ間隔を変化させると、各レンズを通過する周辺光線の高さ $h_i$ が変化し、結果として色収差☆30

☆ $L$ が変化する。液晶位相変調素子110とズーム光学系とで発生する色収差の合成した色収差が0となることが色収差の色消し条件となる。  
【数11】

$$L_d + L = 0 \dots\dots\dots (11)$$

従って、ズーム光学系の結像倍率を変化させる際にズーム光学系の色収差 $L$ が変化しても、液晶位相変調素子110の色収差 $L_d$ が任意値をとることができるため、式(11)を常に満足することが可能となる。

【0041】以上に述べた関係を用いて、ズーム光学系において発生した色収差を液晶位相変調素子110により打ち消す際の、色収差補正量演算装置103および液晶位相変調素子制御装置104の動作の一例は、以下のようなものである。色収差補正量演算装置103には、ズーム光学系の結像倍率に対応したズーム光学系の色収差 $L$ の関数関係をあらかじめ記憶させてあり、色収差補正量演算装置103はポテンショメータ102の出力からズーム光学系の倍率を読みとり、前記関数関係によりズーム光学系の色収差 $L$ を演算する。次に、色収差補正量演算装置103は式(8)において液晶位相変調素子110の色収差 $L_d$ が $-L$ に等しくなるような液晶位相変調素子110の屈折力 $\phi_d$ 、またはこの屈折力 $\phi_d$ を実現する屈折率 $n$ の分布等の、液晶位相変調素子110

による位相分布変化量に対応する量を演算し、これを液晶位相変調素子制御装置104に出力する。液晶位相変調素子制御装置104は、前述の屈折率 $n$ の分布を実現する電圧分布を液晶位相変調素子110に印加する。

【0042】以上のように、この実施の形態1によれば、ズーム光学系のフォーカシングレンズ8、バリエータ9、コンペンセータ10、リレーレンズ11のそれぞれを色収差をもつ単レンズで構成した場合においても、全てのズームポジションでズーム光学系において発生した色収差を打ち消して合成色収差を0とすることができる、結像状態を常に良好に保つことができる。

【0043】また、回折型位相分布変調素子として液晶位相変調素子110を用いているため、回折型位相分布変調素子の位相変化量の制御を、液晶位相変調素子110の電極への印加電圧の制御により電気的に行うことができ、容易にかつ正確に位相変化量の制御を行うことができる。

【0044】さらに、液晶位相変調素子110を、3色

12

\*量を前記したように与えることで、任意の屈折力 $\phi_d$ を持ち、かつその屈折力 $\phi_d$ が可変なレンズとして作用させることができる。

【0039】ところで、回折光の進行方向 $\theta$ は、上記式(4)により波長依存性をもつので、液晶位相変調素子110では色収差が発生する。屈折力 $\phi_d$ をもつ回折素子である液晶位相変調素子110の色収差 $L_d$ は、一般に用いられる下記の近似式で表すことができる。

【数8】

50

(8)

13

分解光学系101の各光路に設けているため、各液晶位相変調素子110は3つの波長帯のうちの対応する1個の狭い波長帯において色収差を補正するのみでよく残留色収差を少なく抑えることができ、3チャンネルに設けられた液晶位相変調素子110により全波長帯における残留色収差を少なく抑えることができる。

【0045】なお、上記においては、近軸領域における色収差について述べたが、軸外における色収差についても同様の考えに基づき補正することができるのは言うまでもない。

【0046】実施の形態2. 上記実施の形態1においては、色収差補正量演算装置103において、液晶位相変調素子110による位相分布変化量に対応する量を、ポテンショメータ102の出力を基にした現在の倍率と予め記憶していた関数関係を用いて演算していたが、代わりに、赤チャンネル撮像管4、青チャンネル撮像管5、および緑チャンネル撮像管6を二次元検出器として用い、これらの二次元検出器の出力画像に対して、画像処理装置を用いてエッジ抽出およびそのぼけ量を基にした色収差の演算を行い、前記実施の形態1の色収差補正量演算装置103が行うズーム光学系の色収差Lの演算以降の処理と同様の処理を行う演算手段を用いて、色収差を打ち消すに適合した液晶位相変調素子110による位相分布変化量に対応する量を演算するようにしてもよく、実際の結像状態から演算した色収差を用いて色収差の打ち消しを行い、結像状態を常に良好に保つことが可能である。また、液晶位相変調素子110による位相分布変化量に対応する量を、ユーザーのマニュアル操作により調整するようにすることも任意である。

【0047】実施の形態3. 上記実施の形態1および2においては、色収差を、3色分解光学系101において各チャンネル毎に設けた液晶位相変調素子110により補正していたが、代わりに、3色分解光学系101前段の倍率可変アフォーカル系2に液晶位相変調素子110を設けるように構成してもよい。この実施の形態3によれば、上記実施の形態1および2と比較して広い波長帯において色収差を補正する必要があるため残留色収差は増加するが、液晶位相変調素子110を1個で済ますことができ、構造を単純化し、コストを低く抑えることができる。

【0048】実施の形態4. また、上記実施の形態1から3においては、回折型位相分布変調素子として液晶位相変調素子110を使用した。回折現象を応用した位相変調素子であればどのような位相変調素子でもよい。\*

$$L = h_r^2 \frac{\phi_r}{\nu_r}$$

ここで、Lは液晶フレネルレンズ200の色収差量、 $h_r$ は液晶フレネルレンズ200を通る周辺光線の高さ、 $\nu_r$ は液晶フレネルレンズ200のアッペ数、 $\phi_r$ は液

14

\*さらに、上記ビデオカメラ以外のズーム光学系を用いる機器や、例えば、望遠・近接両用レンズを備えたスティルカメラのように、連続的に倍率を変化させるズーム光学系ではない倍率可変屈折光学系を持つ機器にももちろん適用することができる。この場合、前記実施の形態1および2のように連続的に倍率を変化させる必要はないので、例えば屈折力の異なった倍率不変の回折型位相分布変調素子を倍率のポジション毎に用意し、それらをターレット式に並べたものを使用し、色収差に合わせてターレットを交換するようにしてもよく、実施の形態1および2と同様の効果が得られる。

【0049】実施の形態5. 図7はこの発明の実施の形態5による倍率可変光学装置を示す構成図であり、図において、200は液晶フレネルレンズ（液晶を用いたレンズ、倍率可変屈折光学系）、201は液晶フレネルレンズ制御装置（倍率可変屈折光学系制御装置）、202は計算機（演算手段）である。また、110および104は前記実施の形態1において用いたものと同様の液晶位相変調素子および液晶位相変調素子制御装置である。

【0050】液晶フレネルレンズ200はフレネルレンズにおける硝材を液晶でおきかえた構成をもち、透明電極により任意の電圧を印加することにより任意の強さの電界を印加することができる。前述したように液晶は印加した電界によりその屈折率が変化するため、液晶フレネルレンズ200は可変倍レンズとしての機能を持つ。液晶フレネルレンズ制御装置201は液晶フレネルレンズ200に印加する電圧を制御することにより液晶フレネルレンズ200の屈折力を制御する。計算機202は、倍率可変光学装置全体の結像倍率が変倍信号の指示と同一の結像倍率となり、かつ、倍率可変光学装置全体において収差が打ち消された状態となるように、液晶フレネルレンズ200及び液晶位相変調素子110の倍率を決定する。

【0051】次に動作について説明する。以下、計算機202における演算について述べる。ズーム光学系の色収差は前述のように式(10)で表されるが、ズーム光学系でない屈折光学系における色収差も式(10)で表すことができる。この実施の形態5では、倍率可変屈折光学系を液晶フレネルレンズ200で構成しており、液晶フレネルレンズ200は単レンズであるので、式(10)は、液晶フレネルレンズ200に対して添字rを用いると、次式に簡略化される。

【数12】

$$\dots\dots (12)$$

晶フレネルレンズ200の屈折力である。

【0052】また、液晶位相変調素子110の色収差は前述のように式(8)のように表され、液晶フレネル

50

(9)

15

レンズ 200 と液晶位相変調素子 110 は隙間無く張り合  
わせているので、次式が成り立つ。 \*

$$h_r \approx h_d \quad \dots \dots (13)$$

従って、色消し条件の式 (11) は次式に簡略化され  
る。 ※

$$\frac{\phi_r}{v_r} + \frac{\phi_d}{v_d} = 0 \quad \dots \dots (14)$$

ここで、液晶位相変調素子 110 の屈折力  $\phi_d$  と液晶フ  
レネルレンズ 200 の屈折力を  $\phi_r$  の合成屈折力  $\Phi$  は次★<sup>10</sup> 【数 15】

$$\Phi = \phi_d + \phi_r \quad \dots \dots (15)$$

従って、式 (14) および式 (15) から、変倍信号が  
合成屈折力  $\Phi$  (倍率に反比例) を指示したとき、計算機  
202 により  $\phi_d$  および  $\phi_r$  は次式のように計算され ☆

$$\phi_d = \Phi \cdot \frac{v_d}{v_d - v_r} \quad \dots \dots (16)$$

【数 17】

$$\phi_r = \Phi \cdot \frac{v_r}{v_r - v_d} \quad \dots \dots (17)$$

【0053】計算機 202 は、例えば式 (16) および  
式 (17) による計算結果を液晶フレネルレンズ制御装  
置 201、および液晶位相変調素子制御装置 104 に出  
力する。出力としてはこのように屈折力  $\phi_d$  および  $\phi_r$   
を出力してもよいし、他の、液晶フレネルレンズ 200  
の倍率および液晶位相変調素子 110 による位相分布変  
化量に対応する量を出力するようにしてもよい。以上  
により倍率 (1/屈折力  $\Phi$ ) を任意に可変でき、かつ任意  
の倍率において色収差を打ち消した状態とすることが  
できる。

【0054】なお、以上において、液晶位相変調素子 1  
10 と液晶フレネルレンズ 200 の色分散の発生のメカ  
ニズムの違いにより式 (16) および式 (17) におけ  
るアッペ数  $v_r$  がアッペ数  $v_d$  よりはるかに大きい  
ため、倍率可変光学装置全体の合成屈折力  $\Phi$  中において液  
晶フレネルレンズ 200 の屈折力  $\phi_r$  が大半を決定して  
おり、液晶位相変調素子 110 の屈折力  $\phi_d$  は小さい  
が、この実施の形態 5 においては、倍率可変屈折光学系  
としての液晶フレネルレンズ 200 と回折型位相分布変  
調素子としての液晶位相変調素子 110 の合成屈折力  
を、変倍信号の指示する結像倍率に対応した屈折力に正  
確に一致させている。

【0055】以上のように、この実施の形態 5 によ  
れば、液晶フレネルレンズ 200 および液晶位相変調素子  
110 からなる倍率可変光学装置の光学系全体における  
収差を打ち消した状態で、光学系全体における結像倍率  
を変倍信号の指示と同一の結像倍率とすることができ、  
あらゆるズームポジションにおいて結像状態を常に良好

に保つことができる。

【0056】また、液晶フレネルレンズ 200 の屈折力  
 $\phi_d$  の変化により倍率可変光学装置の屈折力および倍率  
を変化させることができるため、レンズ間の距離の変更  
等の機械的構成の変化を伴わずに結像倍率を可変とす  
ることができ、コンパクト化および軽量化を図ることが  
できる。特にこの実施の形態 5 の構成によれば、液晶フレ  
ネルレンズ 200 と液晶位相変調素子 110 により、色  
収差を打ち消した状態で任意の結像倍率となる単レンズ  
を実現することができる。

【0057】なお、前記実施の形態 2 における場合と同  
様に、二次元検出器および画像処理装置を用いて実際の  
結像状態における色収差の演算を行い、演算手段におい  
て、色収差を打ち消した状態で任意の結像倍率を実現す  
るに適合した液晶フレネルレンズ 200 の倍率および液  
晶位相変調素子 110 による位相分布変化量に対応する  
量を演算して出力する構成とすることもでき、同様な効  
果が得られる。

【0058】実施の形態 6. なお、実施の形態 5 では倍  
率可変屈折光学系として液晶フレネルレンズ 200 を使  
用したが、屈折率を動的に制御できる材質で作られたレ  
ンズであれば他の物を使用してもよい。例えば EO (E  
lectro-Optic: 電気光学) 材料を使ったレ  
ンズ (以下 EO レンズという) を使用してもよい。

【0059】図 8 は EO レンズの倍率可変方法を示す説  
明図であり、図において、300 は EO 結晶、301、  
302 は透明電極、304 は EO 結晶 300、透明電極  
301、および透明電極 302 からなる EO レンズ (E

16

50

○材料を用いたレンズ、倍率可変屈折光学系)、303は可変定電圧源である。なお、E○結晶300は平凸レンズ形状に成形されており、印加された電場によって複屈折(光波の偏波方向による屈折率の変化)を示す結晶である。透明電極301および302は導電性のある透明フィルムでE○結晶300の表面に張り付けてある。

【0060】次に動作について説明する。透明電極301はE○結晶300の平面側に張り付けてあり接地電位にある。今、可変定電圧源303の起電力が0のときE○結晶300の任意の直線偏波に対する屈折率はいたるところ均一である。次に可変定電圧源303の起電力を発生させると、透明電極301と透明電極302との間隔はレンズ中心からレンズ周辺部にいくほど狭いため、印加電界はレンズ周辺部にいくほど強くなる。E○結晶300の屈折率の変位量は印加電界の1乗または2乗に比例する。結果として、E○結晶300の屈折率がレンズ中心で弱く、レンズ周辺部で強くなる。従って、可変定電圧源303の起電力の変化によって屈折力の変化する倍率可変屈折光学系として作用する。従って、前記実施の形態5の液晶フレネルレンズ200の代わりにこの実施の形態6におけるE○レンズ304を使用しても、実施の形態5と同様の効果を得ることができる。

【0061】以上のように、この実施の形態6によれば、E○レンズ304および液晶位相変調素子110からなる倍率可変光学装置の光学系全体における収差を打ち消した状態で、光学系全体における結像倍率を変倍信号の指示と同一の結像倍率とすることができ、あらゆるズームポジションにおいて結像状態を常に良好に保つことが可能な単レンズを実現することができる。

【0062】また、倍率可変屈折光学系としてE○レンズ304を用いているため、レンズの屈折率およびそれに伴う屈折力の制御をレンズに印加する電圧の制御により電気的に行うことができ、容易にかつ正確に屈折力の制御を行うことができるとともに、レンズに液晶を用いた場合には封入等の工程が必要であるのと比較して、E○結晶を削り出すのみで形成することができるため、製造を容易に行うことができる。

【0063】実施の形態7. 前記実施の形態5または前記実施の形態6を用いると、屈折力と色収差を独立に、かつ動的に可変できるレンズとして作用させることも可能である。従ってこのレンズを例えば、従来例のズーム光学系におけるリレーレンズなどに適用すれば、リレーレンズの屈折力を所定値から変化させることなく、任意の色収差をリレーレンズにおいて補正することなどが可能となる。

【0064】なお、上記各実施の形態においては、色収差の補正を例に説明を行ったが、この発明は、色収差の補正に限定されるものではなく、収差一般を動的に補正して像の劣化を防止することができるものであることはいふまでもない。

【0065】

【発明の効果】以上のように、請求項1記載の発明によれば、結像倍率が可変である倍率可変屈折光学系と、回折現象により光波の位相分布を別の位相分布に変化させ、かつ、その位相分布変化量が可変である回折型位相分布変調素子とを備えるように構成したので、倍率可変屈折光学系により任意の結像倍率にするとともに、回折型位相分布変調素子により、倍率可変屈折光学系の倍率に伴い変化する結像状態を良好に保つように光波の位相分布を回折現象によって別の位相分布に変換することができ、倍率可変屈折光学系において発生する収差量が変化しても、回折型位相分布変調素子の位相変化量を適切な値とすることによりこれを補正して、結像状態を常に良好に保つことができる効果がある。従って、倍率可変屈折光学系の各レンズを収差をもつ単レンズで構成した場合においても全ての結像倍率において収差を打ち消して良好な結像状態とすることができ、各レンズを張り合わせレンズにする等の場合と比較して、レンズ枚数、工数、コスト、および重量の低減等を図ることができる効果がある。

【0066】請求項2記載の発明によれば、回折型位相分布変調素子として、液晶位相変調素子を用いるように構成したので、回折型位相分布変調素子の位相変化量の制御を液晶位相変調素子の電極への印加電圧の制御により電気的に行うことができ、容易にかつ正確に位相変化量の制御を行って結像状態を常に良好に保つことができる効果がある。

【0067】請求項3記載の発明によれば、倍率可変屈折光学系として前記倍率可変屈折光学系を透過する光を赤、緑、青を中心とした3つの波長帯に分割して各々異なった光路に振り分ける3色分解光学系を有するものを用いた場合に、回折型位相分布変調素子を、前記3色分解光学系の各光路に設けるように構成したので、回折型位相分布変調素子は、赤、緑、青を中心とした3つの波長帯のうちの対応する1個の狭い波長帯において色収差を補正するのみでよく残留色収差を少なく抑えることができるため、3色分解光学系の各光路に設けられた回折型位相分布変調素子により、全波長帯における残留色収差を少なく抑えることができる効果がある。

【0068】請求項4記載の発明によれば、倍率可変屈折光学系として前記倍率可変屈折光学系を透過する光を赤、緑、青を中心とした3つの波長帯に分割して各々異なった光路に振り分ける3色分解光学系を有するものを用いた場合に、回折型位相分布変調素子を、前記3色分解光学系の前段に設けるように構成したので、回折型位相分布変調素子を3色分解光学系の前段に1個設けるだけでよく、構造を単純化し、低コスト化を図ることができる効果がある。

【0069】請求項5記載の発明によれば、倍率可変屈折光学系として、単レンズまたはレンズ群の複合により

(11)

19

構成され、それらの間隔を変化させることにより結像倍率を可変とする光学系を備えるように構成したので、従来の倍率可変屈折光学系を用い、これに回折型位相分布変調素子を加えることにより、結像状態を向上した倍率可変光学装置を構成することができる効果がある。

【0070】請求項6記載の発明によれば、倍率可変屈折光学系として、屈折率が可変である材質で構成したレンズを少なくとも1個使用した光学系を備えるように構成したので、屈折率が可変である材質で構成したレンズにおいて屈折率を変化させることにより倍率可変屈折光学系の屈折力を変化させることができるため、レンズ間の距離の変更等の機械的構成の変化を伴わずに結像倍率を可変とすることができ、コンパクト化および軽量化を図ることができる効果がある。

【0071】請求項7記載の発明によれば、屈折率が可変である材質で構成したレンズとして、液晶を用いたレンズを使用するように構成したので、レンズの屈折率およびそれに伴う屈折力の制御を電界の制御により電気的に行うことができ、液晶の屈折率は電界に正確に追従するため、容易にかつ正確に屈折力の制御を行うことができる効果がある。

【0072】請求項8記載の発明によれば、屈折率が可変である材質で構成したレンズとして、EO材料を用いたレンズを使用するように構成したので、レンズの屈折率およびそれに伴う屈折力の制御をレンズに印加する電圧の制御により電気的に行うことができ、容易にかつ正確に屈折力の制御を行うことができるとともに、レンズに液晶を用いた場合には封入等の工程が必要であるのと比較して、EO結晶を削り出すのみで形成することができるため、製造を容易にすることができる効果がある。

【0073】請求項9記載の発明によれば、結像倍率が可変である倍率可変屈折光学系と、この倍率可変屈折光学系の倍率が任意の値となるように制御する倍率可変屈折光学系制御装置と、光波の位相分布を回折現象によって別の位相分布に変化させ、かつ、その位相分布変化量が可変である回折型位相分布変調素子と、この回折型位相分布変調素子が任意の位相分布をもつように制御する回折型位相分布変調素子制御装置とを備えるように構成したので、倍率可変屈折光学系制御装置の制御により倍率可変屈折光学系を任意の結像倍率にするとともに、回折型位相分布変調素子制御装置の制御により、回折型位相分布変調素子の位相変化量を、倍率可変屈折光学系において発生する収差量を補正する適切な位相変化量とすることができ、収差を補正して結像状態を常に良好に保つことができる効果がある。従って、倍率可変屈折光学系の各レンズを収差をもつ単レンズで構成した場合においても全ての結像倍率において収差を打ち消して良好な結像状態とすることができ、各レンズを張り合わせレンズにする等の場合と比較して、レンズ枚数、工数、コスト、および重量の低減等を図ることができる効果があ

20

る。

【0074】請求項10記載の発明によれば、結像倍率が可変である倍率可変屈折光学系の結像倍率と、前記倍率可変屈折光学系で発生する収差を打ち消すに適合した回折型位相分布変調素子による位相分布変化量との関係に関する情報をあらかじめ記憶しておき、前記結像倍率に対応して、前記適合した回折型位相分布変調素子による位相分布変化量に対応する量を演算して出力する演算手段を備えるように構成したので、倍率可変屈折光学系の結像倍率に対応して演算手段により演算・出力された回折型位相分布変調素子による位相分布変化量に対応する量を用いて回折型位相分布変調素子を制御することにより、倍率可変屈折光学系で発生する収差を回折型位相分布変調素子により打ち消して、結像状態を常に良好に保つことができる効果がある。

【0075】請求項11記載の発明によれば、結像倍率が可変である倍率可変光学装置の光学系によって結像された像を電気信号に変換する二次元検出器と、この二次元検出器の出力信号に対して演算処理を行い、前記光学系の収差を検出する画像処理装置と、この画像処理装置の出力を基に、前記光学系の収差を打ち消すに適合した回折型位相分布変調素子による位相分布変化量に対応する量を演算して出力する演算手段とを備えるように構成したので、二次元検出器および画像処理装置を用いて検出した収差を基に演算手段により演算・出力された回折型位相分布変調素子による位相分布変化量に対応する量を用いて回折型位相分布変調素子を制御することにより、倍率可変屈折光学系で発生する収差を回折型位相分布変調素子により打ち消して、結像状態を常に良好に保つことができる効果がある。

【0076】請求項12記載の発明によれば、結像倍率が可変である倍率可変光学装置の光学系の結像倍率と、収差を打ち消した状態で前記結像倍率を実現するに適合した倍率可変屈折光学系の倍率と回折型位相分布変調素子による位相分布変化量との関係に関する情報をあらかじめ記憶しておき、前記結像倍率に対応して、収差を打ち消した状態で前記結像倍率を実現するに適合した前記倍率可変屈折光学系の倍率および前記回折型位相分布変調素子による位相分布変化量に対応する量を演算して出力する演算手段を備えるように構成したので、倍率可変光学装置の結像倍率に対応して演算手段により演算・出力された倍率可変屈折光学系の倍率および回折型位相分布変調素子による位相分布変化量に対応する量を用いて倍率可変屈折光学系および回折型位相分布変調素子を制御することにより、倍率可変光学装置全体における収差を打ち消した状態で倍率可変光学装置全体における所望の結像倍率を実現することができ、結像状態を常に良好に保つことができる効果がある。

【0077】請求項13記載の発明によれば、結像倍率が可変である倍率可変光学装置の光学系によって結像さ

(12)

21

れた像を電気信号に変換する二次元検出器と、この二次元検出器の出力信号に対して演算処理を行い、前記光学系の収差を検出する画像処理装置と、この画像処理装置の出力を基に、収差を打ち消した状態で前記結像倍率を実現するに適合した倍率可変屈折光学系の倍率および回折型位相分布変調素子による位相分布変化量に対応する量を演算して出力する演算手段とを備えるように構成したので、二次元検出器および画像処理装置を用いて検出した収差を基に演算手段により演算・出力された倍率可変屈折光学系の倍率および回折型位相分布変調素子による位相分布変化量に対応する量を用いて倍率可変屈折光学系および回折型位相分布変調素子を制御することにより、倍率可変光学装置全体における収差を打ち消した状態で倍率可変光学装置全体における所望の結像倍率を実現することができ、結像状態を常に良好に保つことができる効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の実施の形態1による倍率可変光学装置を示す構成図である。

【図2】 この発明の実施の形態1による倍率可変光学装置の3色分解光学系の構成図である。

【図3】 有限開口に入射した平面波が回折する様子を説明図である。

【図4】 レンズ効果を持つ回折素子の原理の説明図である。

【図5】 ブレーズドグレーティングレンズの構成を示

22

す説明図である。

【図6】 この発明の実施の形態1による倍率可変光学装置の液晶位相変調素子の構成図である。

【図7】 この発明の実施の形態5による倍率可変光学装置を示す構成図である。

【図8】 この発明の実施の形態6による倍率可変光学装置のE〇レンズの倍率可変方法を示す説明図である。

【図9】 従来の倍率可変光学装置を示す構成図である。

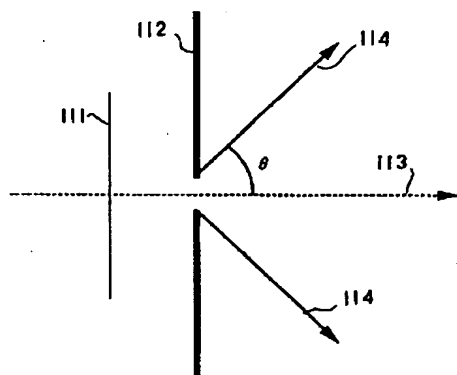
10 【図10】 一般的なズーム光学系の倍率可変原理の説明図である。

【図11】 色収差の説明図である。

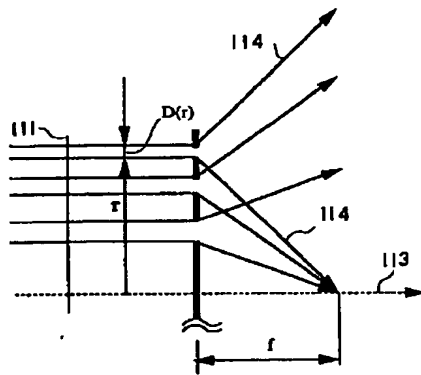
【符号の説明】

7 ズーム光学系制御装置（倍率可変屈折光学系制御装置）、101 3色分解光学系、103 色収差補正量演算装置（演算手段）、104 液晶位相変調素子制御装置（回折型位相分布変調素子制御装置）、107 赤チャンネル光路（光路）、108 青チャンネル光路（光路）、109 緑チャンネル光路（光路）、110 液晶位相変調素子（回折型位相分布変調素子）、200 液晶フレネルレンズ（液晶を用いたレンズ、倍率可変屈折光学系）、201 液晶フレネルレンズ制御装置（倍率可変屈折光学系制御装置）、202 計算機（演算手段）、304 E〇レンズ（E〇材料を用いたレンズ、倍率可変屈折光学系）。

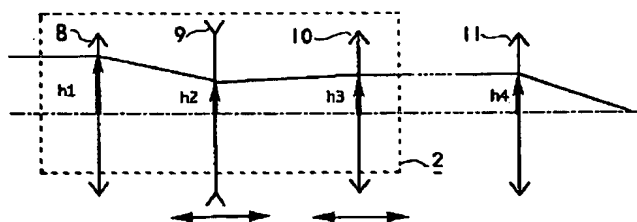
【図3】



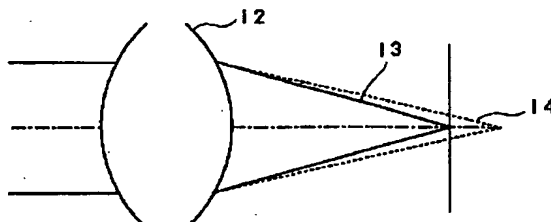
【図4】



【図10】



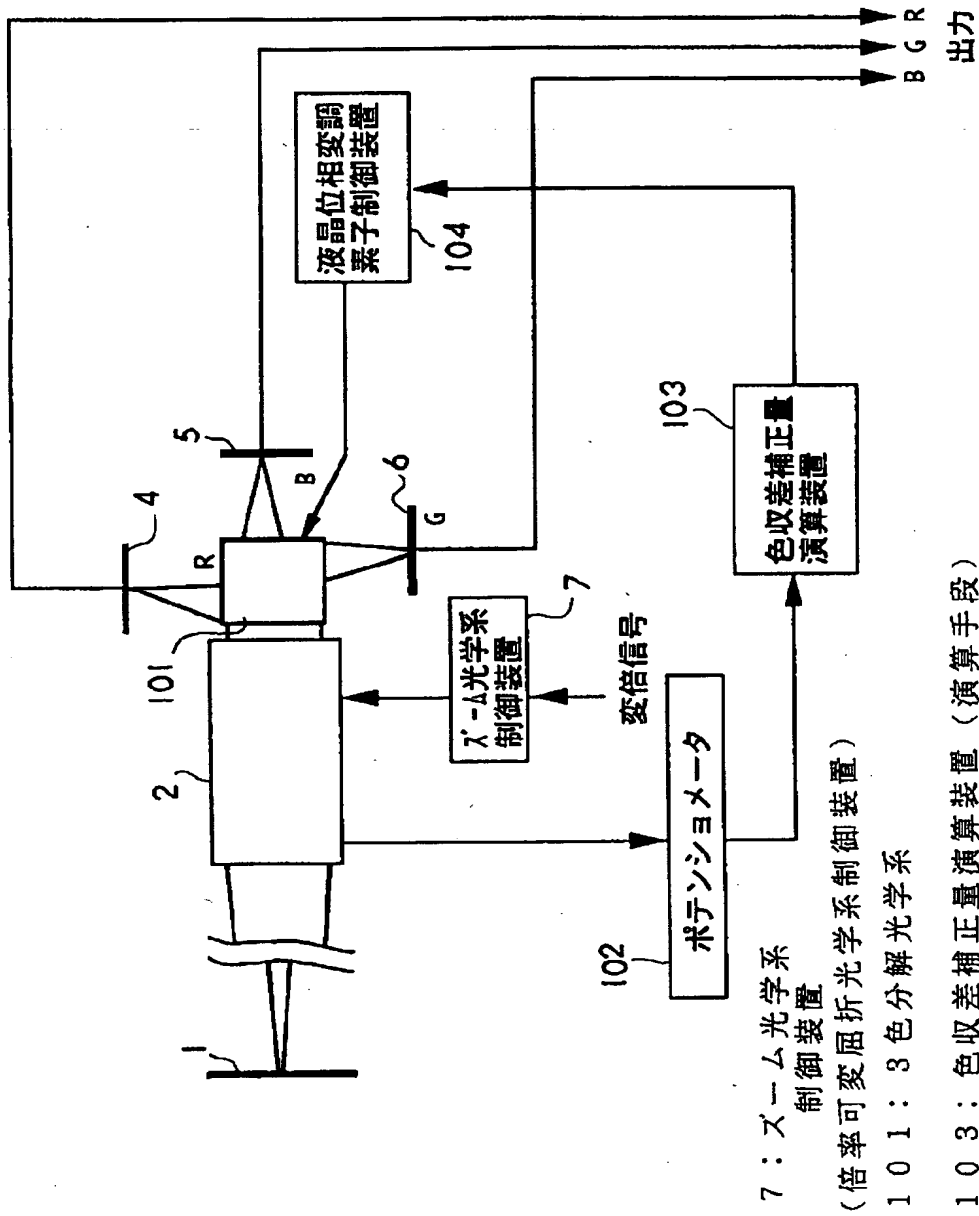
【図11】





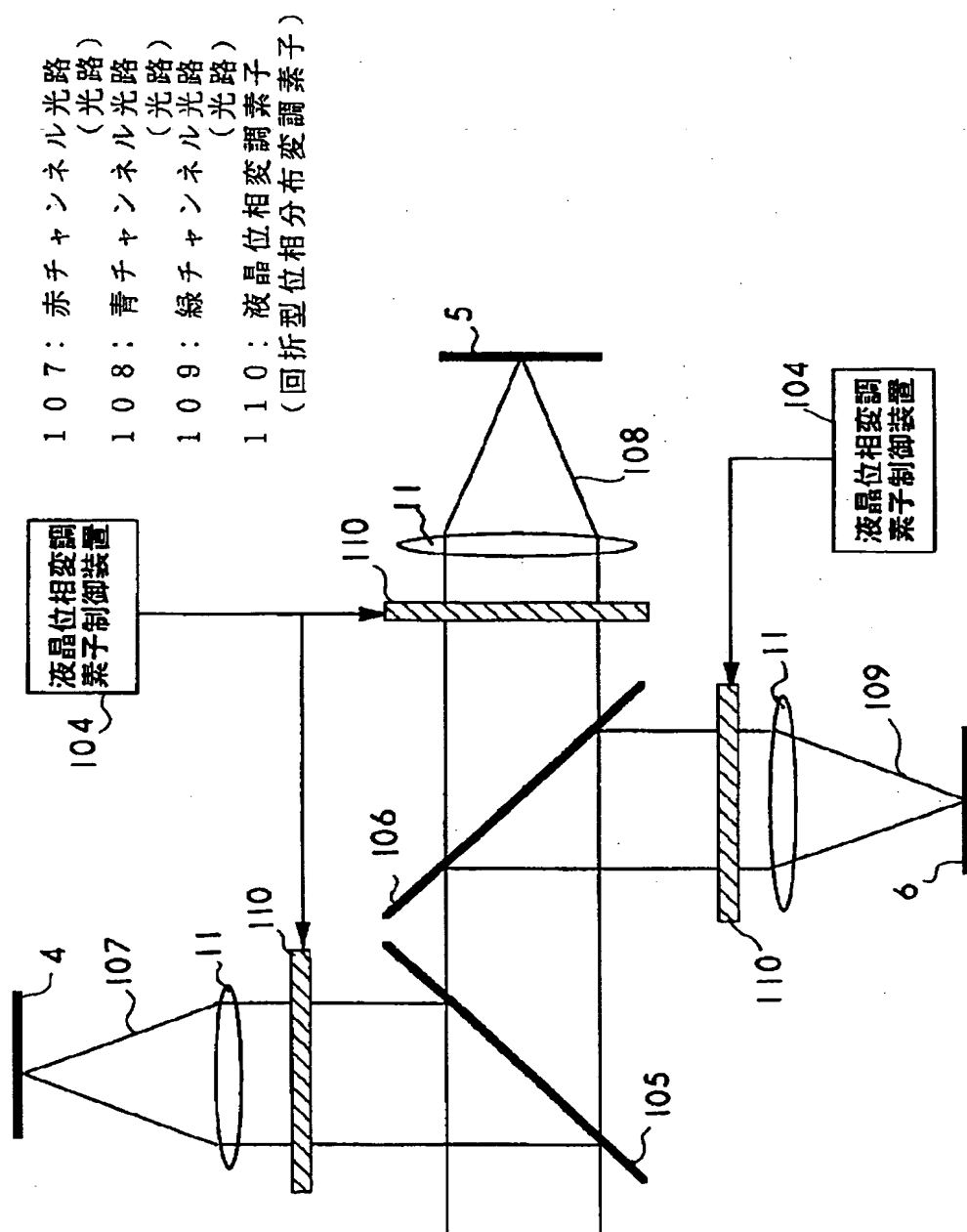
(13)

【図1】



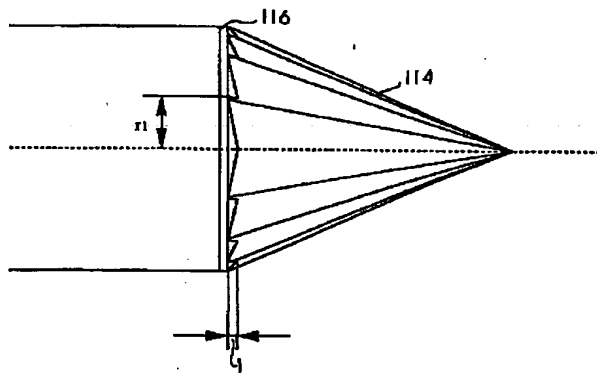
(14)

【図2】

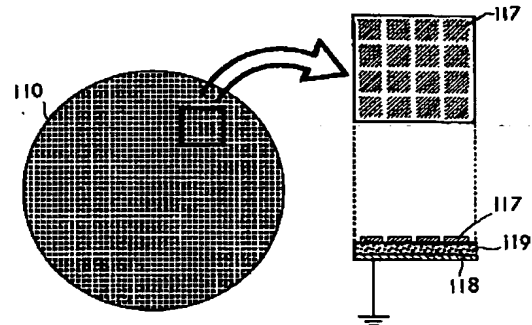


(15)

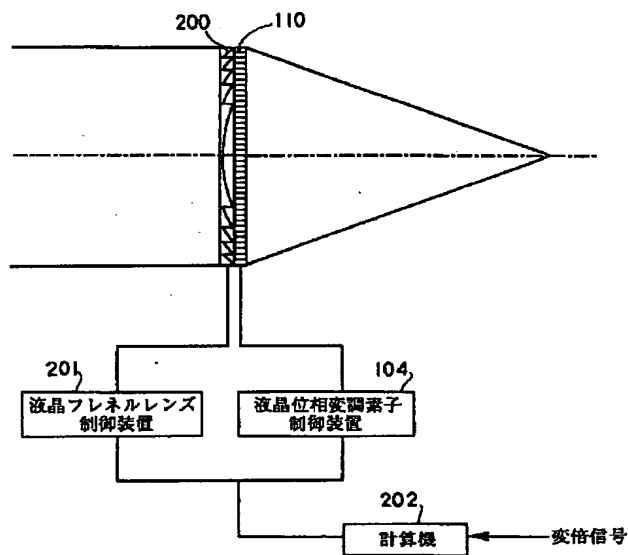
【図5】



【図6】

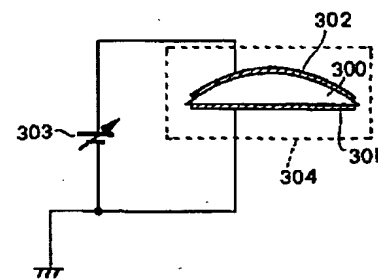


【図7】



- 200：液晶フレネルレンズ  
(液晶を用いたレンズ、倍率可変屈折光学系)
- 201：液晶フレネルレンズ制御装置  
(倍率可変屈折光学系制御装置)
- 202：計算機(演算手段)

【図8】



- 304：EOレンズ  
(EO材料を用いたレンズ、倍率可変屈折光学系)

【図9】

